# Tengkorak, Otak, Meningen, dan Suplai Darah Otak Terkait dengan Trauma dan Perdarahan Intrakranial

## Garis Besar Bab



Cedera kepala yang berasal dari trauma tumpul dan tembusan peluru dikaitkan dengan tingginya mortalitas dan cacat morbiditas. Kejadian gangguan sirkulasi cerebrovaskular (stroke) tetap menjadi penyebab ketiga tertinggi morbiditas dan mortilitas di Amerika Serikat.

Tujuan dari Bab ini adalah mengulang secara singkat anatomi tengkorak dan isinya serta menyoroti area-area yang penting untuk dapat mengerti patofisiologi cedera kepala dan perdarahan intrakranial.

# ANATOMI DASAR

## Tengkorak

Tulang-tulang yang membentuk dinding anterior, dinding lateral, dan basis cranii diuraikan secara lengkap dalam Bab 11 dan diperlihatkan dalam Gambar 14-1 sampai 14-3.

### Tabula Cranii

Tulang-tulang tengkorak merupakan tulang padat yang tersusun atas tabula externa dan tabula interna, dipisahkan oleh lapisan spongiosa disebut diploe. Permukaan luar dan dalam tulang-tulang diliputi oleh periosteum (Gambar 14-11).

### Sutura Cranii

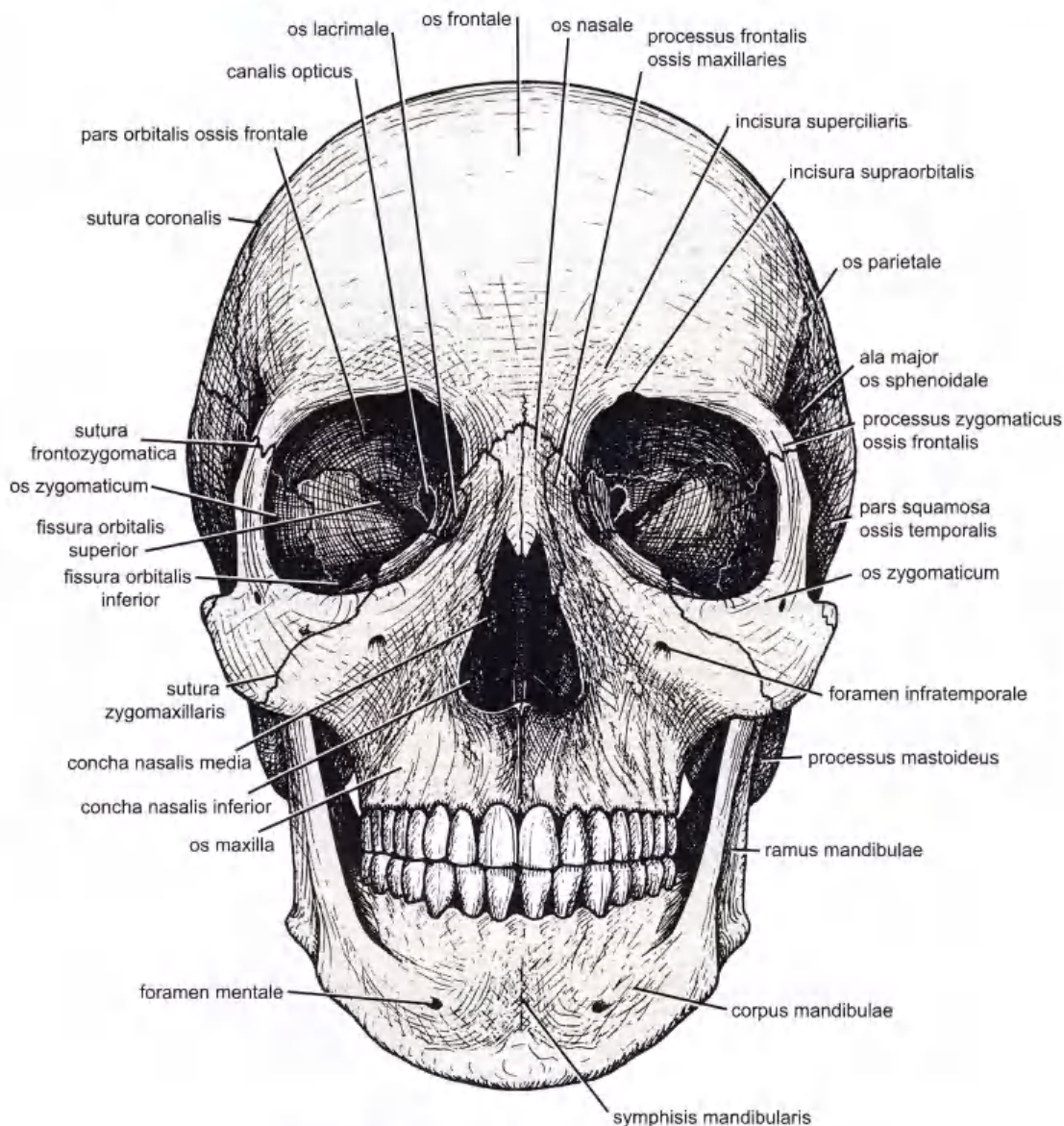
Tulang-tulang tengkorak disatukan oleh sendi yang tidak bergerak disebut sutura. **Sutura coronalis** terletak di antara os frontale dan os parietale, **sutura lambdoidea** terletak di antara os parietale dan os occipitale, dan **sutura sagittalis** terletak di antara kedua os parietale (Gambar 14-1 dan 14-2).

### Fonticuli Cranii

Pada saat lahir, di antara tulang-tulang masih tetap ada daerah membranosa. Area lunak ini disebut fonticulus. Fonticulus anterior dan fonticulus posterior diuraikan pada halaman 292.

### Basis Cranii

Bagian dalam basis cranii dibagi dengan baik sekali dalam tiga fossa: fossa cranii anterior, fossa cranii media, dan fossa cranii posterior (Gambar 14-3). Fossa cranii anterior dipisahkan dari fossa cranii media oleh ala minor ossis sphenoidalis, dan fossa cranii media dipisahkan dari fossa cranii posterior oleh pars petrosa ossis temporalis.

**Fossa cranii anterior** menampung lobus frontalis hemispherium cerebri, bagian lateral **fossa cranii media** menampung

**Gambar 14-1** Tulang-tulang pada aspek anterior tengkorak.

lobus temporalis hemispherium cerebri, dan bagian paling dalam **fossa cranii posterior** menampung sebagian cerebellum, pons, dan medulla oblongata.

**Os sphenoidale** terletak di tengah basis cranii. Os sphenoidale mempunyai **corpus** di bagian tengah dengan **ala major** dan **ala minor** terbentang pada setiap sisi. Os sphenoidale menstabilkan bagian tengah tengkorak melalui perlekatan sutura-sutura dengan os frontale, os parietale, os occipitale, dan os ethmoidale. Corpus ossis sphenoidalis berisi **sinus sphenoidalis**.

Foramina penting berikut ini dapat diidentifikasi dalam Gambar 14-3.

Di dalam fossa cranii anterior, lubang-lubang **lamina cribriformis ossis ethmoidalis** dapat dilihat, lubang-lubang ini dilalui oleh nervus olfactorius. Di dalam fossa cranii media, di ala minor ossis sphenoidalis terdapat **canalis opticus** yang dilalui oleh nervus opticus dan arteria ophthalmica. **Fissura orbitalis superior**, yang berbentuk celah di antara ala major dan ala minor ossis sphenoidalis dilalui oleh nervus oculomotorius, nervus trochlearis, divisi ophthalmica nervus trigeminus, dan nervus abducens. **Foramen rotundum** terletak di ala major ossis sphenoidalis dilalui oleh divisi maxillaris nervus trigeminus. **Foramen ovale** menembus ala major ossis sphenoidalis dan dilalui oleh divisi mandibularis nervus trigeminus. **Foramen spinosum** yang kecil, terdapat juga di ala major, dilalui oleh arteria meningea media. **Foramen lacerum** yang lebih besar dan iregular terletak di antara ala major ossis sphenoidalis dan pars petrosa ossis temporalis, dilalui oleh arteria carotis interna dari canalis caroticus masuk ke dalam cavitas cranii.

pterion
pars squamosa ossis temporalis
sutura coronalis
zygoma
os parietale
lineae temporales
os frontale
crista supramastoidea
sutura lambdoidea
ala major ossis sphenoidalis
processus zygomaticus ossis frontalis
nasion
os nasale
processus frontalis ossis zygomaticus
os occipitale
os lacrimale
os zygomaticum
foramen zygomaticofaciale
protuberantia occipitalis externa (inion)
foramen infraorbitale
linea nuchae superior
trigonum suprameatus
processus coronoideus
os maxilla
spina suprameatica
meatus acusticus externus
lamina tympani
processus mastoideus
pars alveolaris
ramus
angulus
foramen mentale
processus styloideus
collum mandibulae
corpus mandibulae
caput mandibulae

**Gambar 14-2** Tulang-tulang pada aspek lateral tengkorak.

Di fossa cranii posterior, **foramen magnum** yang besar pada os occipitale dilalui oleh medulla oblongata. Di sini, medulla oblongata berlanjut sebagai medulla spinalis. Foramen magnum dilalui juga oleh radices spinales nervi accessorii dan dua arteria vertebralis.

**Canalis hypoglossus** dilalui oleh nervus hypoglossus, dan **foramen jugulare** dilalui oleh nervus glossopharyngeus, nervus vagus, dan nervus accessorius. Di sini, sinus venosus sigmoideus meninggalkan tengkorak menjadi vena jugularis interna.

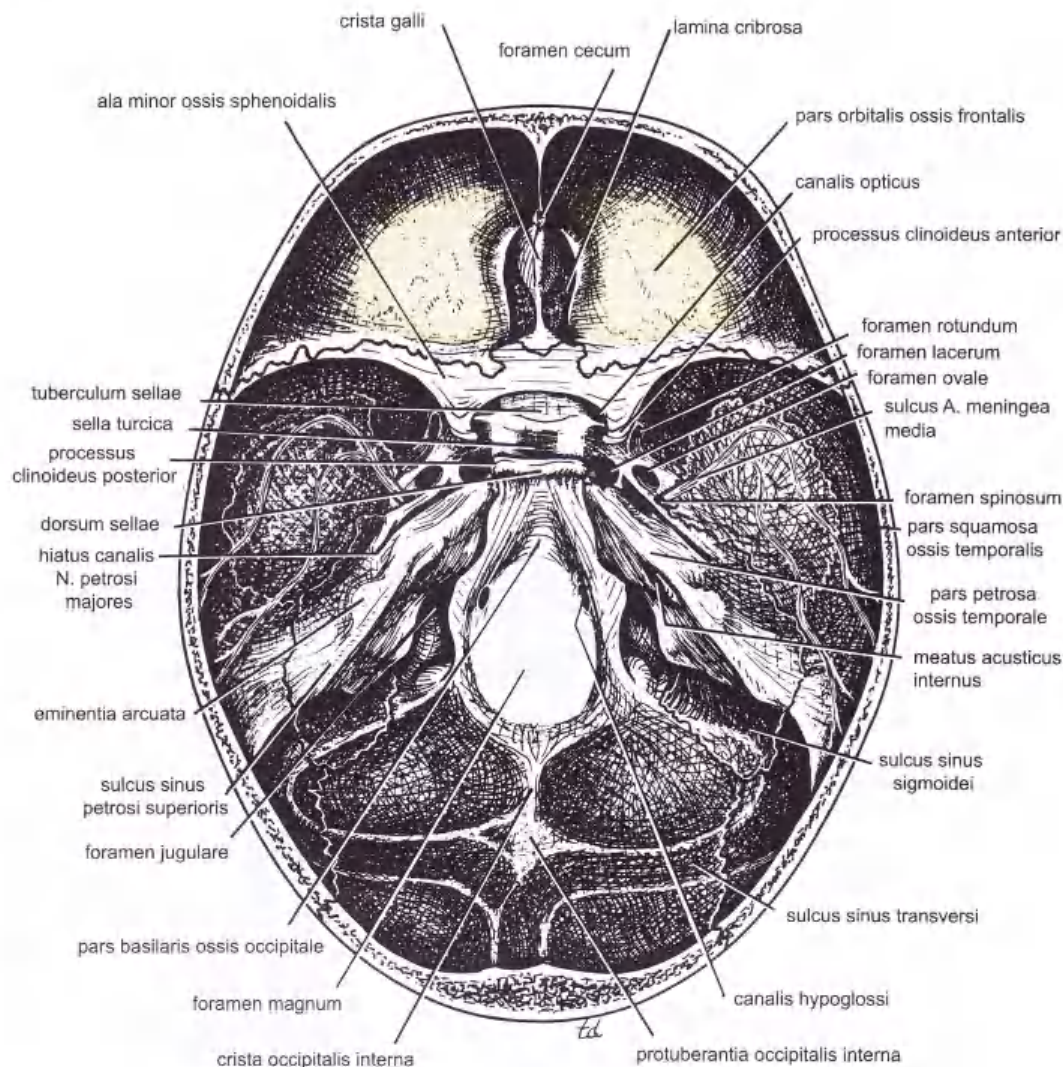
**Meatus acusticus internus** menembus facies posterior pars petrosa ossis temporalis dan dilalui oleh nervus vestibulocochlearis dan nervus facialis.

Ringkasan lubang-lubang penting pada basis cranii dan struktur yang melewatinya diperlihatkan dalam Tabel 14-1.

## PENAMPANG KEPALA DAN LEHER

Sebelum mempelajari gambaran radiografik tengkorak, pembaca dianjurkan untuk mempelajari fotograf penampang kepala dan leher (Gambar 14-4, 14-5, dan 14-6).

## GAMBARAN RADIOGRAFI TENGKORAK

Gambaran radiografi tengkorak dapat dilihat di dalam Gambar 11-11 sampai 11-18. *CT-scan* dan MRI kepala diperlihatkan di dalam Gambar 14-7, 14-8, dan 14-9.

**Gambar 14-3**. Permukaan dalam basis cranii.

## Bagian-Bagian Otak

Untuk penjelasan rinci tentang struktur otak, dianjurkan untuk membaca buku neuroanatomi. Berikut ini hanya diuraikan bagian-bagian utama otak.

Otak adalah bagian susunan saraf pusat yang terletak di dalam cavitas cranii. Otak dilanjutkan sebagai medulla spinalis setelah melalui foramen magnum.

### Cerebrum

**Cerebrum** adalah bagian terbesar otak dan terdiri dari dua **hemisperium cerebri** yang dihubungkan oleh massa substantia alba yang disebut **corpus callosum** (Gambar 14-10). Setiap hemisphere terbentang dari os frontale sampai ke os occipitale, di atas fossa cranii anterior dan media; dan di posterior, di atas tentorium cerebelli. Hemisphere dipisahkan oleh sebuah celah dalam, yaitu **fissura longitudinalis cerebri**, di mana ke dalamnya menonjol **falx cerebri** (Gambar 14-10). Lapisan permukaan setiap hemispherium cerebri disebut **cortex** dan disusun oleh **substantia grisea**. Cortex cerebri berlipat-lipat, disebut **gyri**, yang dipisahkan oleh fissura atau **sulci**. Dengan cara demikian permukaan cortex bertambah luas. Sejumlah sulci yang besar membagi permukaan setiap hemisphere dalam **lobus-lobus**. Lobus-lobus diberi nama sesuai dengan tulang tengkorak yang ada di atasnya (Gambar 14-17). **Lobus frontalis** terletak di depan **sulcus centralis** (lihat Gambar 14-17) dan di atas **sulcus lateralis**. **Lobus parietalis** terletak di belakang sulcus centralis dan di atas sulcus lateralis. **Lobus occipitalis** terletak di bawah **sulcus parieto-occipitalis**. Di bawah sulcus lateralis terletak **lobus temporalis**.

**Gyrus precentralis** terletak tepat anterior terhadap sulcus centralis dan dikenal sebagai **area motoris** (lihat Gambar 14-17). Sel-sel saraf motorik besar di dalam daerah ini mengatur gerakan

**Tabel 14-1 Ringkasan Lubang-Lubang Penting pada Basis Cranii dan Struktur yang Melewatinya**

| Lubang di Tengkorak | Tulang Tengkorak | Struktur yang Melewatinya |
|---|---|---|
| **Fossa Cranii Anterior** | | |
| Lubang-lubang di lamina cribrosa | Os ethmoidale | N.olfactorius |
| **Fossa Cranii Media** | | |
| Canalis Opticus | Ala minor ossis sphenoidalis | N.opticus, N.ophthalmicus |
| Fissura orbitalis superior | Antara ala minor dan ala major ossis sphenoidalis | N.lacrimalis, N.frontalis, N.trochlearis, N.oculomotorius, N. nasociliaris, dan N.abducens; V.ophthalmica superior |
| Foramen rotundum | Ala major ossis sphenoidalis | Divisi maxillaris N.trigeminus |
| Foramen ovale | Ala major ossis sphenoidalis | Divisi mandibularis N.trigeminus, N.petrosus minor |
| Foramen spinosum | Ala major ossis sphenoidalis | A.meningea media |
| Foramen lacerum | Antara pars petrosa ossis temporalis dan os sphenoidale | A.carotis interna |
| **Fossa Cranii Posterior** | | |
| Foramen magnum | Os occipitale | Medulla oblongata, pars spinalis N.accessorius, dan A.vertebralis dextra dan sinistra |
| Canalis nervi hypoglossi | Os occipitale | N.hypoglossus |
| Foramen jugulare | Antara pars petrosa ossis temporalis dan pars condylaris ossis occipitalis | N.glossopharyngeus, N.vagus, dan N.accessorius; sinus sigmoideus berlanjut sebagai V.jugularis interna |
| Meatus acusticus internus | Pars petrosa ossis temporalis | N.vestibulocochlearis dan N.facialis |

Dari Snell RS: Clinical Anatomy. Ed 7. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2004, hal 801.

volunter sisi tubuh yang berlawanan. Hampir seluruh serabut saraf menyilang garis ke sisi berlawanan di medulla oblongata pada saat mereka turun menuju ke medulla spinalis.

Pada area motoris, tubuh direpresentasikan dalam posisi terbalik. Sel-sel saraf yang mengatur gerakan kaki berlokasi di bagian atas, sedangkan yang mengatur gerakan wajah dan tangan terletak di bagian bawah (lihat Gambar 14-17). **Gyrus postcentralis** terletak tepat posterior terhadap sulcus centralis, dikenal sebagai **area sensoris** (lihat Gambar 14-17). Sel-sel saraf kecil di dalam daerah ini menerima dan menginterpretasikan sensasi nyeri, suhu, raba, dan tekan dari sisi tubuh kontralateral.

**Gyrus temporalis superior** terletak tepat di bawah sulcus lateralis (lihat Gambar 14-17). Bagian tengah gyrus ini menerima dan menginterpreasikan suara dan dikenal sebagai **area auditiva**.

**Area Broca** atau **area bicara motoris**, terletak tepat di atas sulcus lateralis (lihat Gambar 14-17). Area ini mengatur gerakan bicara. Pada orang bertangan kanan, area Broca hemisphere kiri bersifat dominan, sedangkan pada orang kidal yang dominan adalah sisi kanan.

**Area visual** terletak pada polus posterior dan aspek medial hemisphere cerebri di daerah **sulcus calcarinus** (lihat Gambar 14-17). Area ini merupakan area penerima kesan visual.

Rongga yang terdapat di dalam setiap hemispherium cerebri disebut **ventriculus lateralis** (lihat Gambar 14-18). Ventriculus lateralis berhubungan dengan ventriculus tertius melalui **foramen interventriculare** (lihat Gambar 14-10 dan 14-18).

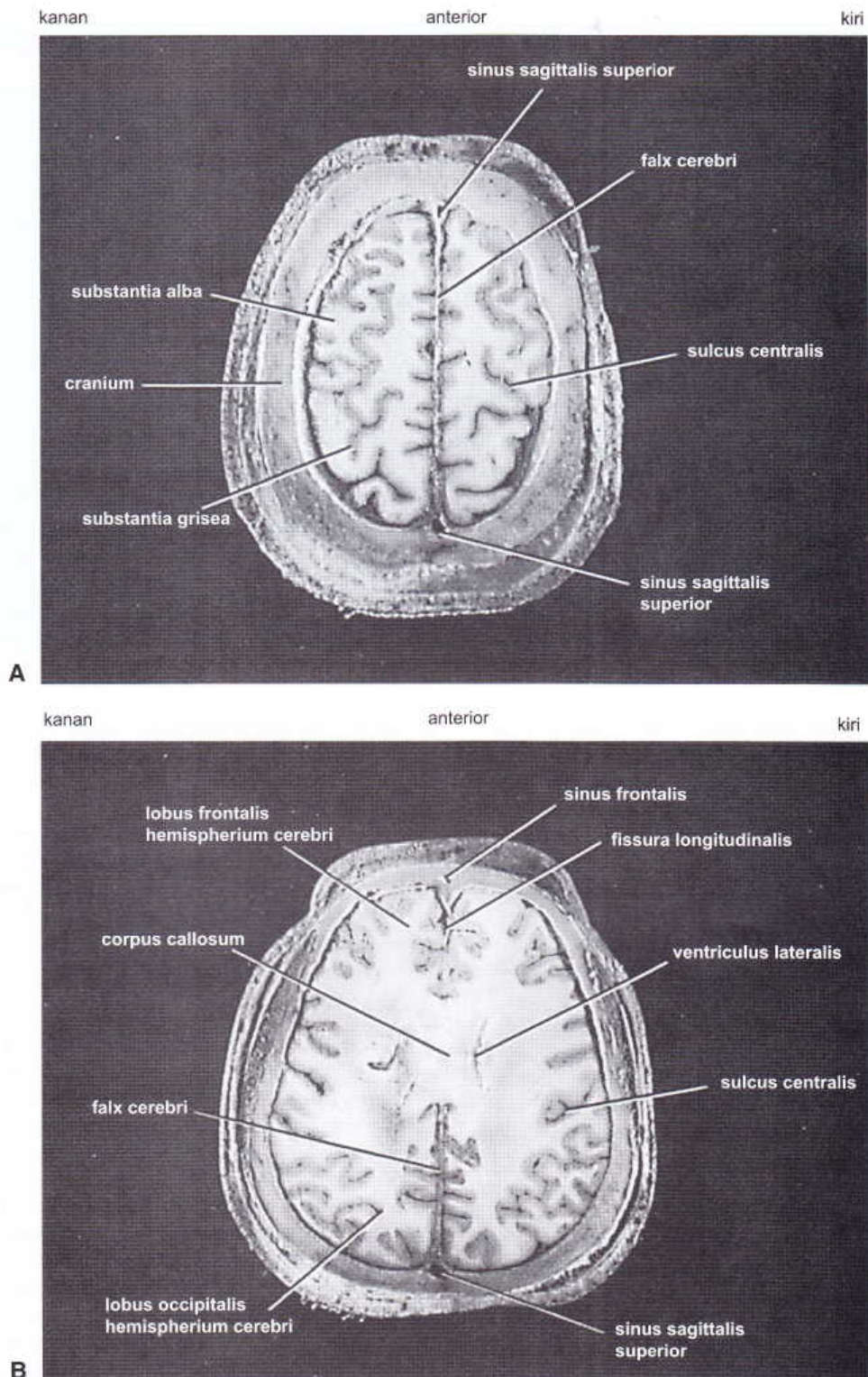
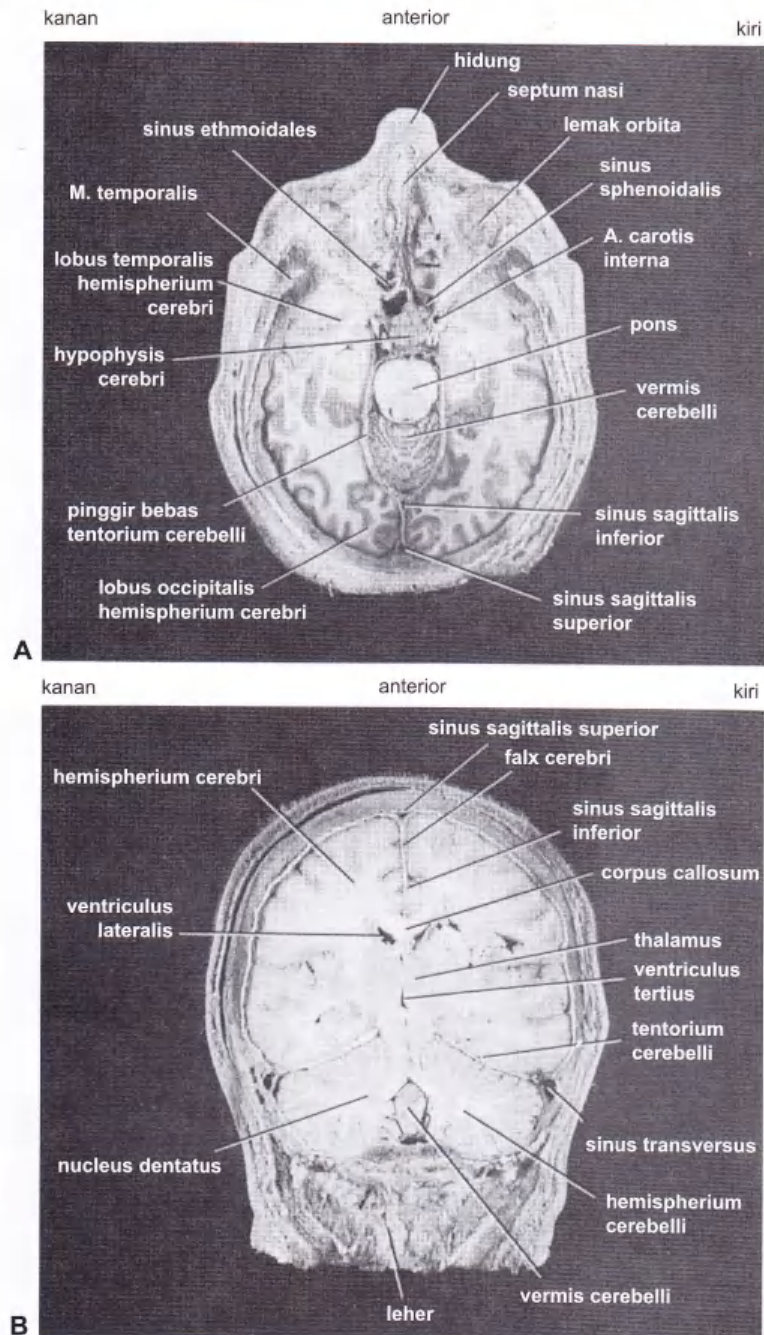
## Diencephalon

Diencephalon hampir seluruhnya tertutup dari permukaan otak. Terdiri atas **thalamus** di dorsal (Gambar 14-10) dan **hypothalamus** di ventral. Thalamus adalah massa substantia grisea besar, yang terletak di kanan dan kiri ventriculus tertius. Thalamus merupakan stasiun perantara besar untuk jaras sensoris aferen yang menuju ke cortex cerebri.

Hypothalamus membentuk bagian bawah dinding lateral dan dasar ventriculus tertius. Struktur-struktur berikut ini terdapat di dasar ventriculus tertius, dari depan ke belakang: **chiasma opticum** (lihat Gambar 14-16), **tuber cinereum** dan **infundibulum, corpus mammillare**, dan **substantia perforata posterior.**

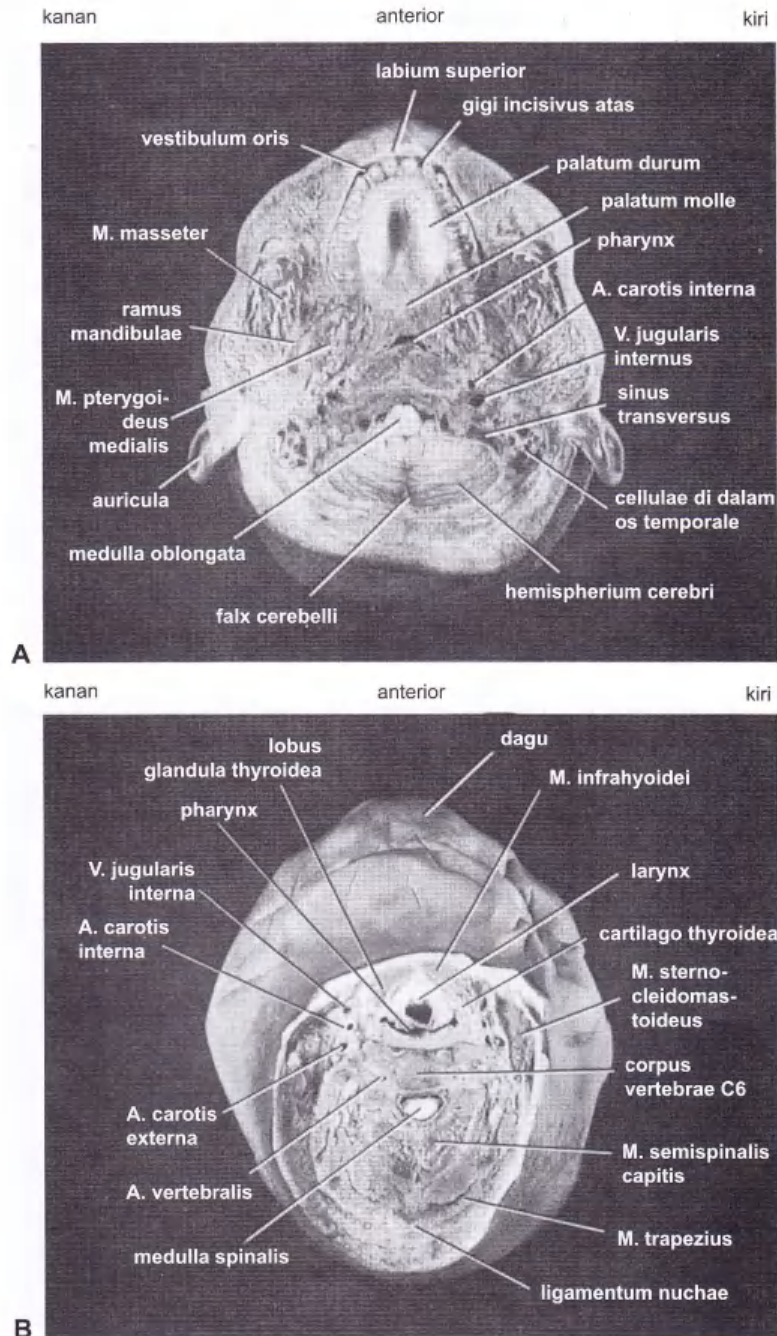
## Mesencephalon

Mesencephalon adalah bagian sempit otak yang berjalan melewati incisura tentorii dan menghubungkan otak depan dengan otak belakang (Gambar 14-10). Mesencephalon terdiri dari dua belahan lateral yang disebut **pedunculus cerebri.** Masing-masing dibagi dalam pars anterior yaitu **crus cerebri**, dan bagian posterior yaitu **tegmentum**, oleh sebuah pita substantia grisea berpigmen yang disebut **substantia nigra** (lihat Gambar 14-15). Rongga sempit mesencephalon disebut **aqueductus cerebri** (Gambar 14-10 dan 14-18), yang menghubungkan ventriculus tertius dengan ventriculus quartus. **Tectum** adalah bagian mesencephalon yang terletak posterior terhadap aqueductus cerebri. Tectum mempunyai empat tonjolan kecil, yaitu dua **colliculus superior** dan dua **colliculus inferior**. Colliculus ini terletak profunda di antara cerebellum dan hemispherium cerebri.

**Corpus pineale** adalah sebuah kelenjar kecil yang terletak di antara colliculus superior (Gambar 14-10). Kelenjar tersebut melekat melalui sebuah tangkai pada dinding posterior ventriculus tertius. Glandula pineale umumnya mengalami kalsifikasi pada usia pertengahan, dengan demikian dapat terlihat pada radiografi.

**Gambar 14-4 A.** Potongan melintang kepala sedikit di bawah calvaria, dilihat dari bawah. **B.** Potongan melintang kepala setinggi corpus callosum, dilihat dari bawah.

**Gambar 14-5 A**. Potongan melintang kepala dilihat dari bawah. **B**. Potongan coronal kepala dan leher bagian atas.

## Otak Belakang

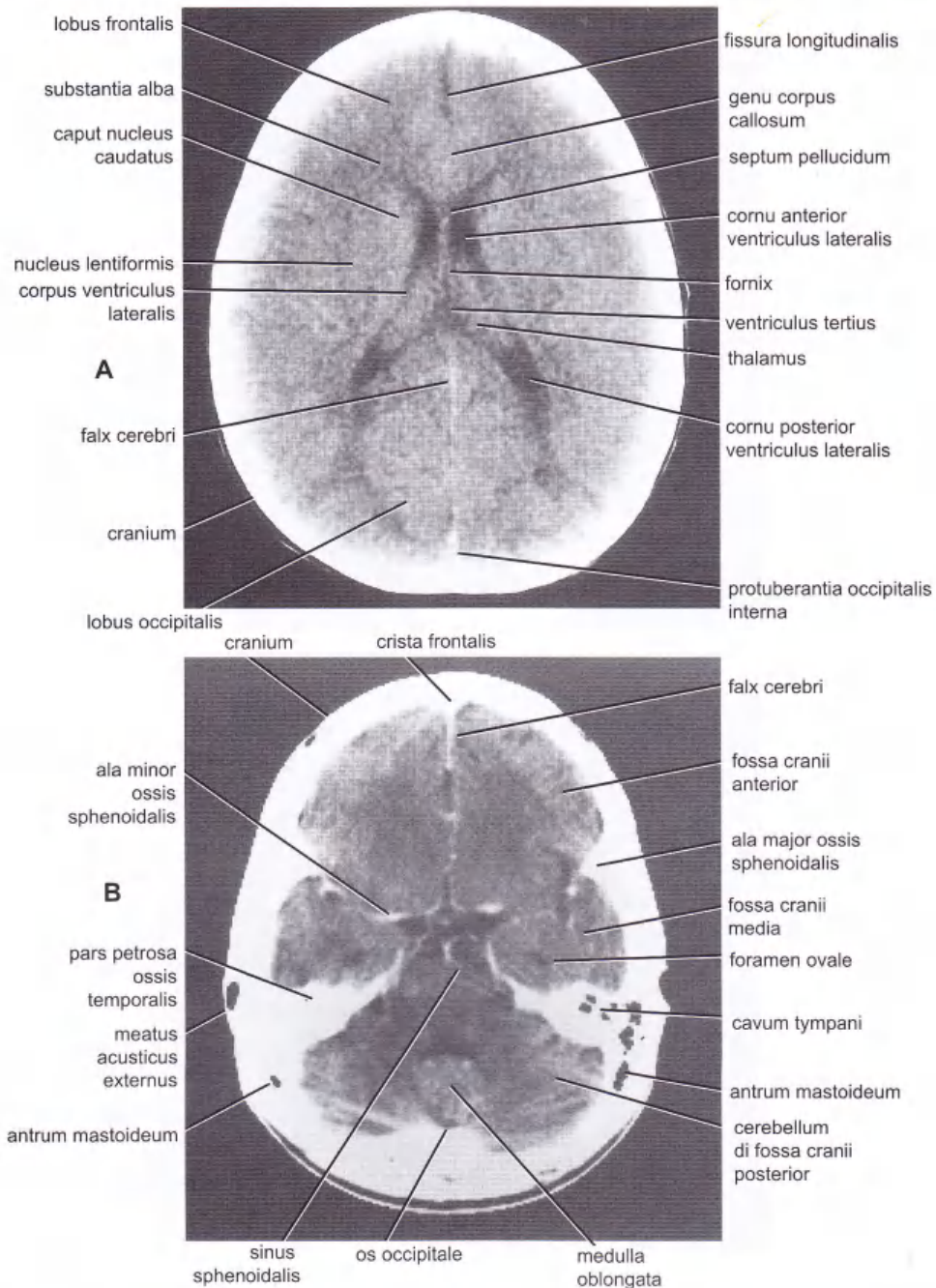
**Pons** terletak pada permukaan anterior cerebellum, di bawah mesencephalon dan di atas medulla oblongata (Gambar 14-10). Pons terutama disusun oleh serabut-serabut saraf yang menghubungkan kedua belahan cerebellum. Pons juga mengandung serabut-serabut ascendens dan descendens yang menghubungkan otak depan, mesencephalon, dan medulla spinalis. Beberapa sel saraf di dalam pons berfungsi sebagai stasiun perantara, sedangkan yang lain membentuk inti saraf otak.

**Medulla oblongata** berbentuk kerucut dan menghubungkan pons di atas dengan medulla spinalis di bawah (Gambar 14-10). **Fissura mediana** terdapat pada permukaan anterior medulla, dan pada setiap sisi terdapat benjolan yang disebut **pyramis** (lihat Gambar 14-16). Pyramis tersusun dari berkas-berkas serabut saraf yang berasal dari sel-sel besar di dalam gyrus precentralis cortex

**Gambar 14-6 A.** Potongan melintang kepala tepat di bawah palatum durum dilihat dari bawah. **B.** Potongan melintang leher setinggi C6 dilihat dari bawah.

cerebri. Pyramis mengecil ke bawah,dan di sini hampir seluruh serabut-serabut descendens menyilang ke sisi lainnya, membentuk **decussatio pyramidum**.

Posterior terhadap pyramis terdapat **oliva**, yang merupakan elevasi lonjong yang dibentuk oleh **nucleus olivarius** yang terletak di bawahnya (Lihat Gambar 14-16). Di belakang oliva terdapat **pedunculus cerebellaris inferior**, yang menghubungkan medulla dengan cerebellum.

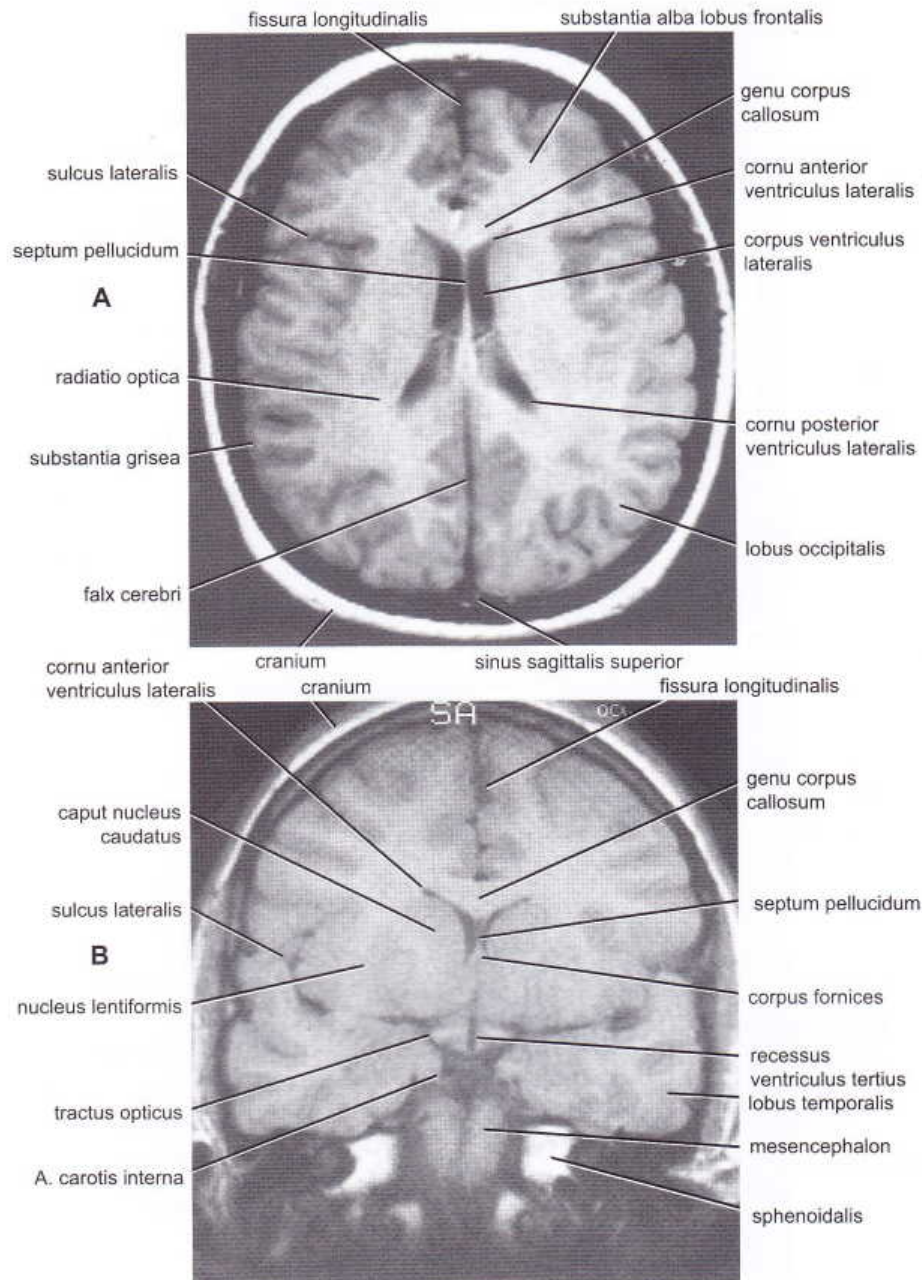
Pada permukaan posterior pars inferior medulla oblongata terdapat **tuberculum gracile** dan **cuneatum**, yang dibentuk oleh **nucleus gracilis** di medial **nucleus cuneatus** di lateral.

**Cerebellum** terletak di dalam fossa cranii posterior di bawah tentorium cerebelli (Gambar 14-10). Cerebelum terletak posterior terhadap pons dan medulla oblongata. Terdiri dari dua hemisphere yang dihubungkan oleh bagian tengah, yang disebut **vermis.** Cerebellum dihubungkan dengan mesencephalon melalui

**Gambar 14-7** CT scan Axial (horizontal) kepala. **A.** Tulang-tulang cranium, otak, dan berbagai bagian ventrikel lateral. **B.** Irisan yang dibuat setingkat lebih rendah, memperlihatkan ketiga fossa cranii.

**pedunculus cerebellaris superior**, dengan pons oleh **pedunculus cerebellaris medius**, dan dengan medulla oblongata oleh **pedunculus cerebellaris inferior**.

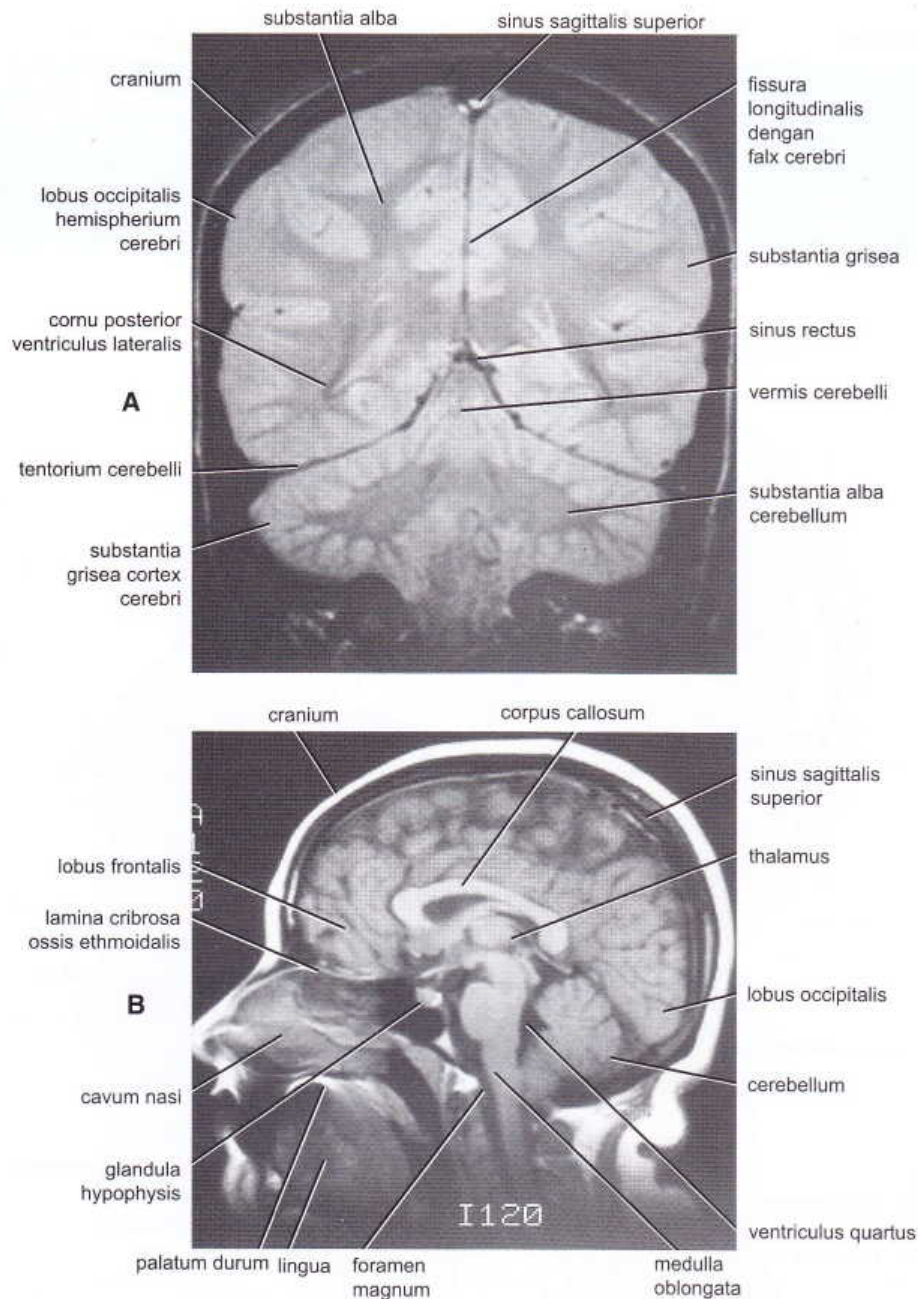
Lapisan permukaan tiap hemispherium cerebelli disebut **cortex,** terdiri dari substantia grisea. Cortex cerebelli berlipat-lipat disebut **folia**, yang dipisahkan oleh fissura transversa yang tersusun rapat. Kelompok massa substantia grisea tertentu di dapatkan di dalam cerebelum, tertanam di dalam substantia alba. Yang terbesar dikenal sebagai **nucleus dentatus**.

Cerebellum berperan penting dalam mengendalikan tonus otot dan mengkoordinasikan gerak otot pada sisi tubuh yang sama.

Rongga pada otak belakang adalah ventriculus quartus (lihat Gambar 14-10 dan 14-18). Rongga ini dibatasi di depan oleh pons dan medulla oblongata, di belakang oleh **velum medullare superius**

**Gambar 14-8** Gambar MRI cranium. **A.** Gambar potongan axial otak, memperlihatkan berbagai bagian ventriculus lateralis dan sulcus lateralis hemispheri cerebri. **B.** Bayangan coronal melalui lobus frontalis otak, memperlihatkan cornu anterior ventriculus lateralis. Perhatikan kontras yang lebih baik antara substantia alba dan grisea dibandingkan dengan CT scan pada Gambar 14-7.

dan **inferius** serta cerebellum. Ventriculus quartus berhubungan ke atas dengan ventriculus tertius melalui aqueductus cerebri, dan ke bawah ia berlanjut sebagai canalis centralis medulla spinalis. Juga berhubungan dengan spatium subarachnoideum melalui tiga lubang di bagian bawah atap, satu lubang di medial dan dua lubang di lateral.

## Meningen

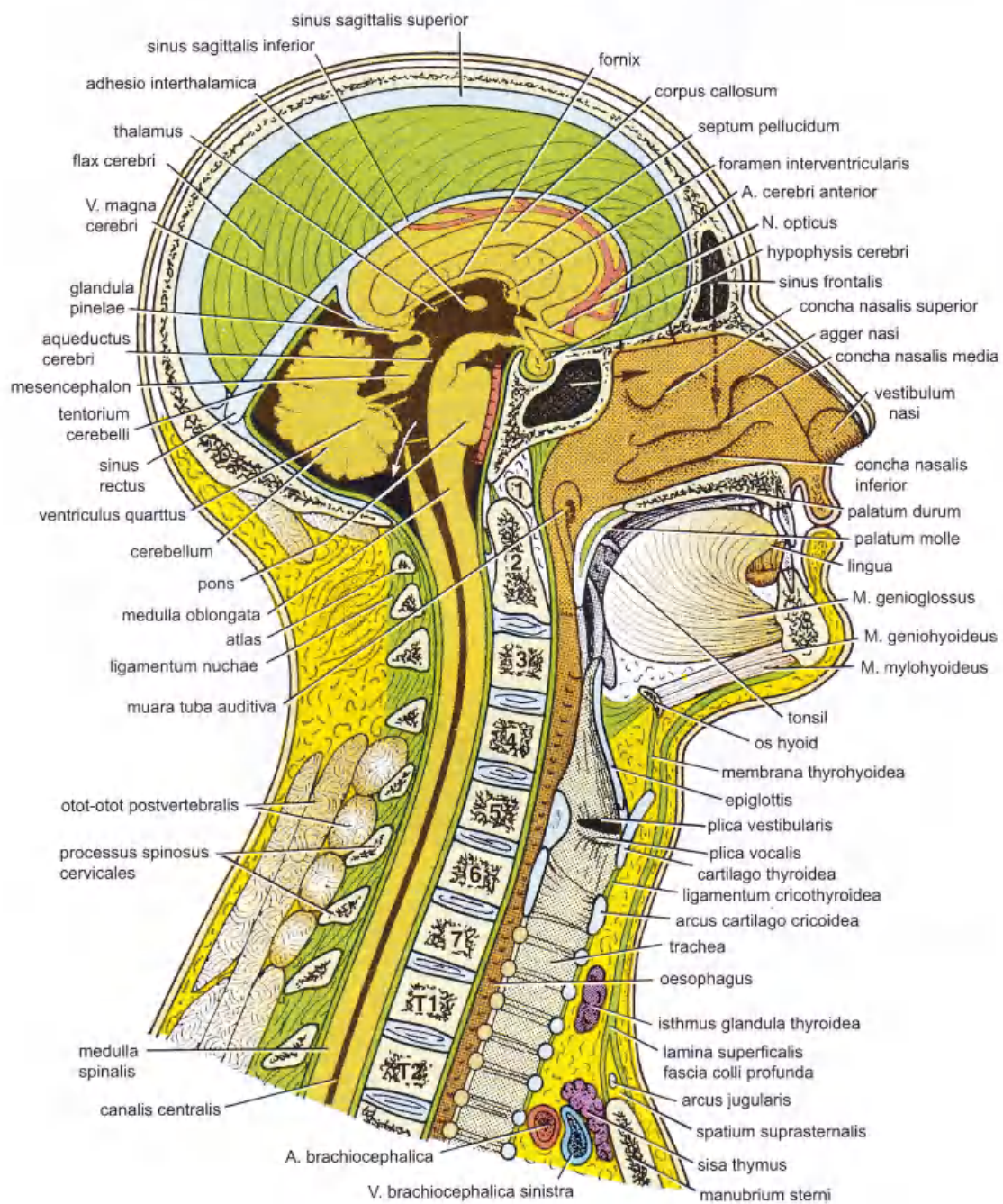
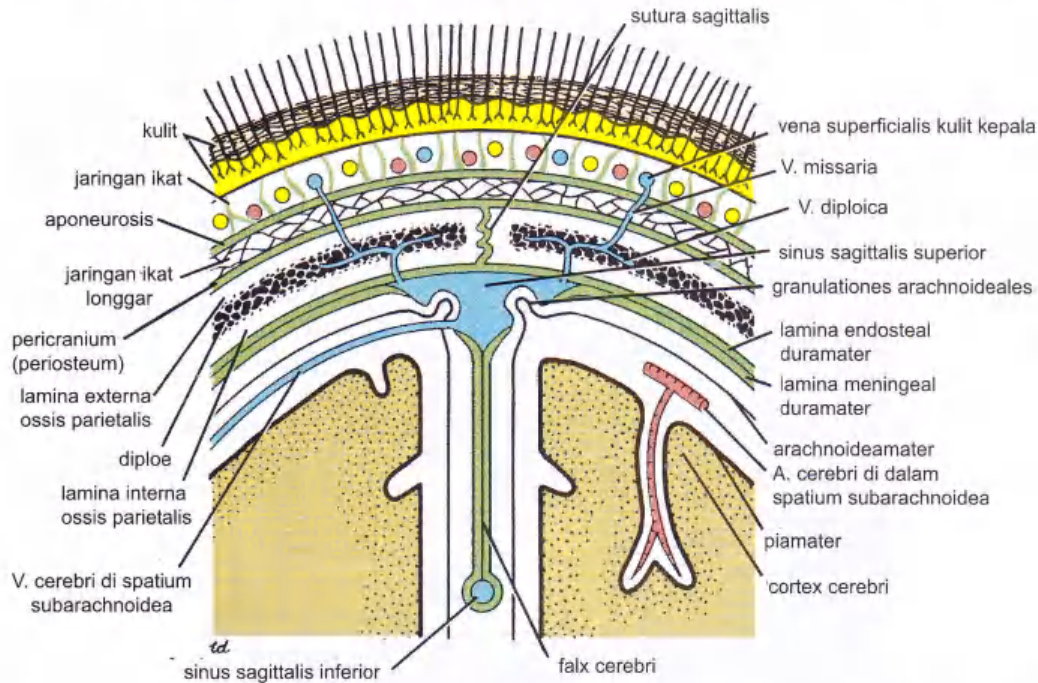
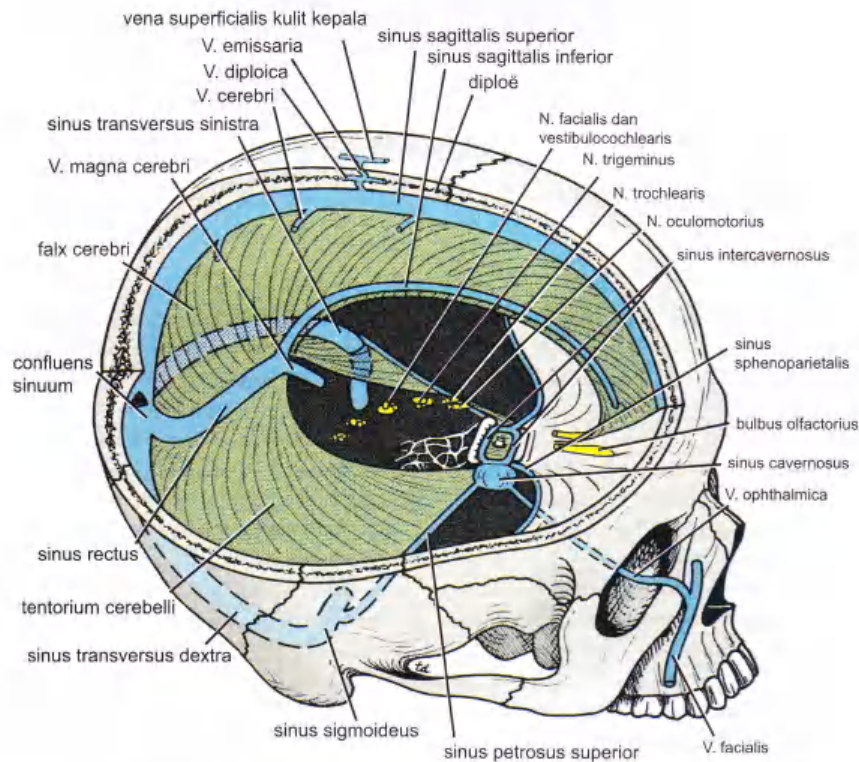
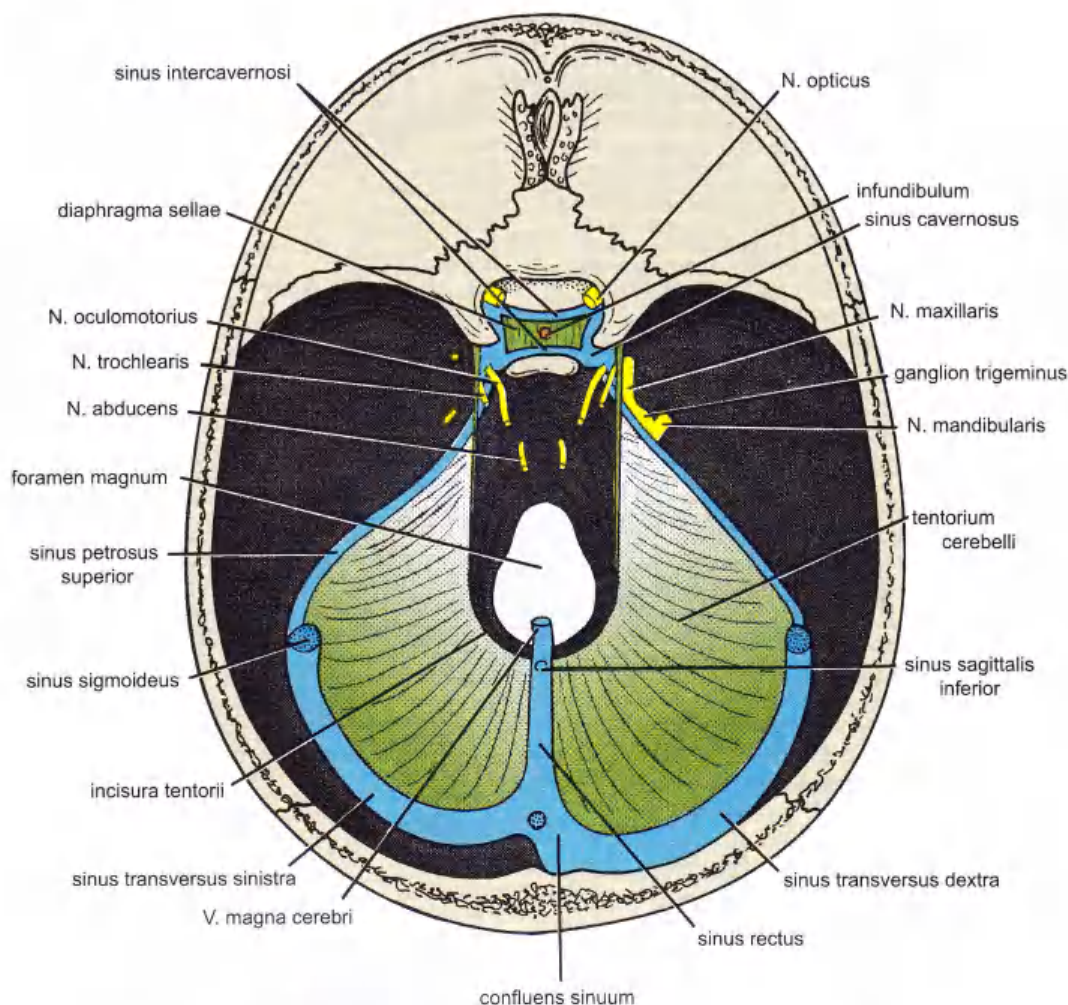
Cerebrum dan medulla spinalis diliputi oleh tiga membran, atau meningen: duramater, arachnoideamater, dan piamater.

**Gambar 14-9** MRI tengkorak. **A.** Bayangan coronal melalui lobus occipitalis cerebri, memperlihatkan cornu posterior ventriculi lateralis dan cerebellum. **B.** Bayangan sagittal, memperlihatkan berbagai bagian otak, rongga hidung, dan rongga mulut.

## Duramater Encephali

Secara konvensional duramater terdiri dari dua lapis: lapisan endosteal dan lapisan meningeal (Gambar 14-11). Kedua lapisan ini berhubungan erat, kecuali sepanjang tempat-tempat tertentu di mana mereka terpisah dan membentuk sinus venosus.

**Lapisan endosteal** tidak berbeda dengan periosteum yang meliputi permukaan dalam tulang-tulang tengkorak. Lapisan ini **tidak terbentang** melewati foramen magnum untuk berlanjut ke lapisan duramater di medula spinalis. Di sekitar pinggir semua foramina cranii lapisan ini berhubungan dengan periosteum pada permukaan luar tulang-tulang tengkorak. Pada sutura, lapisan ini berhubungan dengan ligamentum suturale. Lapisan ini melekat dengan erat pada tulang-tulang di basis cranii.

**Lapisan meningeal** adalah duramater yang sebenarnya. Merupakan membrana fibrosa padat dan kuat yang membungkus

| Bagian-bagian Utama Otak | | Rongga dalam Otak |
|---|---|---|
| Otak depan | Cerebrum<br>Diencephalon | Ventriculus lateralis dexter dan sinister<br>Ventriculus tertius |
| Otak tengah | | Aqueductus cerebri |
| Otak belakang | Pons<br>Medulla oblongata<br>Cerebellum | Ventriculus quartus dan canalis centralis |

**Gambar 14-10** Penampang sagittal kepala dan leher.

**Gambar 14-11** Penampang koronal bagian atas kepala memperlihatkan lapisan kulit kepala, sutura sagittalis cranii, falx cerebri, sinus venosus sagittalis superior dan inferior, granulationes arachnoidales, venae emissaria, dan hubungan pembuluh darah otak dengan spatium subarachnoideum.

**Gambar 14-12** Bagian dalam tengkorak memperlihatkan duramater dan sinus venosusnya. Perhatikan hubungan antara vena-vena kulit kepala dan vena-vena wajah dengan sinus venosus.

**Gambar 14-13** Diaphragma sellae dan tentorium cerebelli. Perhatikan posisi sinus venosis.

otak dan melanjutkan diri setelah melalui foramen magnum sebagai duramater medula spinalis. Lapisan ini juga merupakan selubung tubular bagi saraf-saraf otak, pada saat saraf otak melalui foramina di basis cranii. Di luar tengkorak, selubung ini menyatu dengan epineurium saraf.

Lapisan meningeal membentuk empat septum ke arah dalam yang membagi cavitas cranii menjadi ruang-ruang yang saling berhubungan dengan bebas dan menampung bagian-bagian otak. Fungsi septa-septa ini adalah untuk fiksasi otak.

**Falx cerebri** adalah lipatan duramater yang berbentuk bulan sabit yang terletak di garis tengah, di antara kedua hemisphere cerebri (Gambar 14-10 dan 14-12). Ujung depannya yang sempit melekat pada crista frontalis interna dan crista galli. Ujung posteriornya yang lebar menyatu dengan permukaan atas tentorium cerebelli di garis tengah. Sinus sagittalis superior berjalan pada pinggir atasnya yang terfiksasi, sinus sagittalis inferior berjalan pada pinggir bawahnya yang bebas dan cekung, dan sinus rectus berjalan sepanjang perlekatannya pada tentorium cerebelli.

**Tentorium cerebelli** adalah lipatan duramater berbentuk bulan sabit, yang menjadi atap fossa cranii posterior (Gambar 14-12, 14-13, dan 14-14). Lapisan ini menutupi permukaan atas cerebellum dan menyokong lobus occipitalis hemispherium cerebri. Di depan terdapat sebuah celah, **incisura tentorii**, untuk tempat lewatnya mesencephalon (Gambar 14-14 dan 14-15), sehingga terdapat pinggir dalam yang bebas dan pinggir luar yang terfiksasi. Pinggir yang terfiksasi melekat pada processus clinoideus posterior, pinggir superior os petrosus, dan pinggir-pinggir alur untuk sinus transversus pada os occipitale. Pinggir bebasnya berjalan ke depan pada kedua ujungnya, melintasi pinggir yang terfiksasi, dan melekat pada processus clinoideus anterior tiap sisi. Pada tempat di mana kedua pinggir bersilangan, nervus cranialis ketiga dan keempat berjalan ke depan memasuki dinding lateral sinus cavernosus (Gambar 14-14 dan 14-15). Dekat apeks pars petrosus ossis temporalis, lapis bawah tentorium menonjol ke depan, di bawah sinus petrosus superior, membentuk recessus untuk nervus trigeminus dan ganglion trigeminale (Gambar 14-14). Falx cerebri

dan falx cerebelli masing-masing melekat pada permukaan atas dan bawah tentorium. Sinus rectus berjalan sepanjang perlekatannya pada falx cerebri, sinus petrosus superior sepanjang perlekatannya pada pars petrosa, dan sinus transversus sepanjang perlekatannya pada os occipitale (Gambar 14-13).

**Falx cerebelli** adalah lipatan duramater kecil yang berbentuk sabit, yang melekat pada crista occipitalis interna dan menonjol ke depan di antara kedua hemispherium cerebelli. Pinggir posteriornya yang terfiksasi berisi sinus occipitalis.

**Diaphragma sellae** adalah lipatan duramater berbentuk sirkular kecil, yang membentuk atap sella turcica (Gambar 14-3). Lubang kecil ditengahnya dilalui oleh tangkai glandula hypophysis cerebri (Gambar 14-13 dan 14-15).

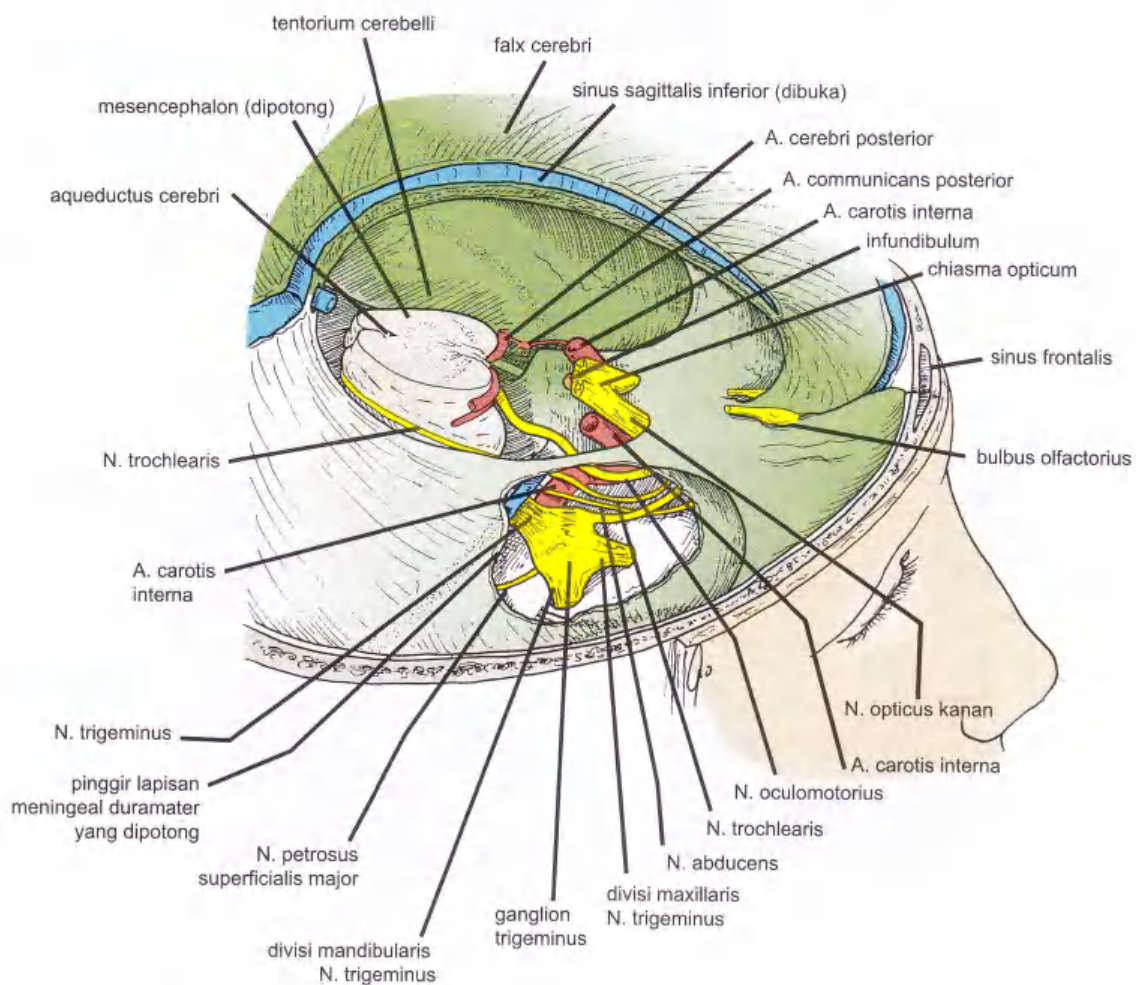
## Persarafan Duramater

Cabang-cabang nervus trigeminus, nervus vagus, dan nervus cervicalis 1-3, beserta cabang-cabang dari sistem simpatik berjalan ke duramater.

Terdapat banyak ujung-ujung saraf sensoris pada duramater. Duramater peka terhadap regangan, yang menimbulkan sensasi sakit kepala. Stimulasi ujung-ujung sensoris nervus trigeminus di atas level tentorium cerebelli menimbulkan nyeri alih (*referred pain*) pada area kulit di sisi yang sama kepala. Stimulasi ujung-ujung sensoris duramater di bawah level tentorium cerebelli menimbulkan nyeri alih (*referred pain*) pada daerah tengkuk dan belakang kepala sepanjang distribusi nervus occipitalis major.

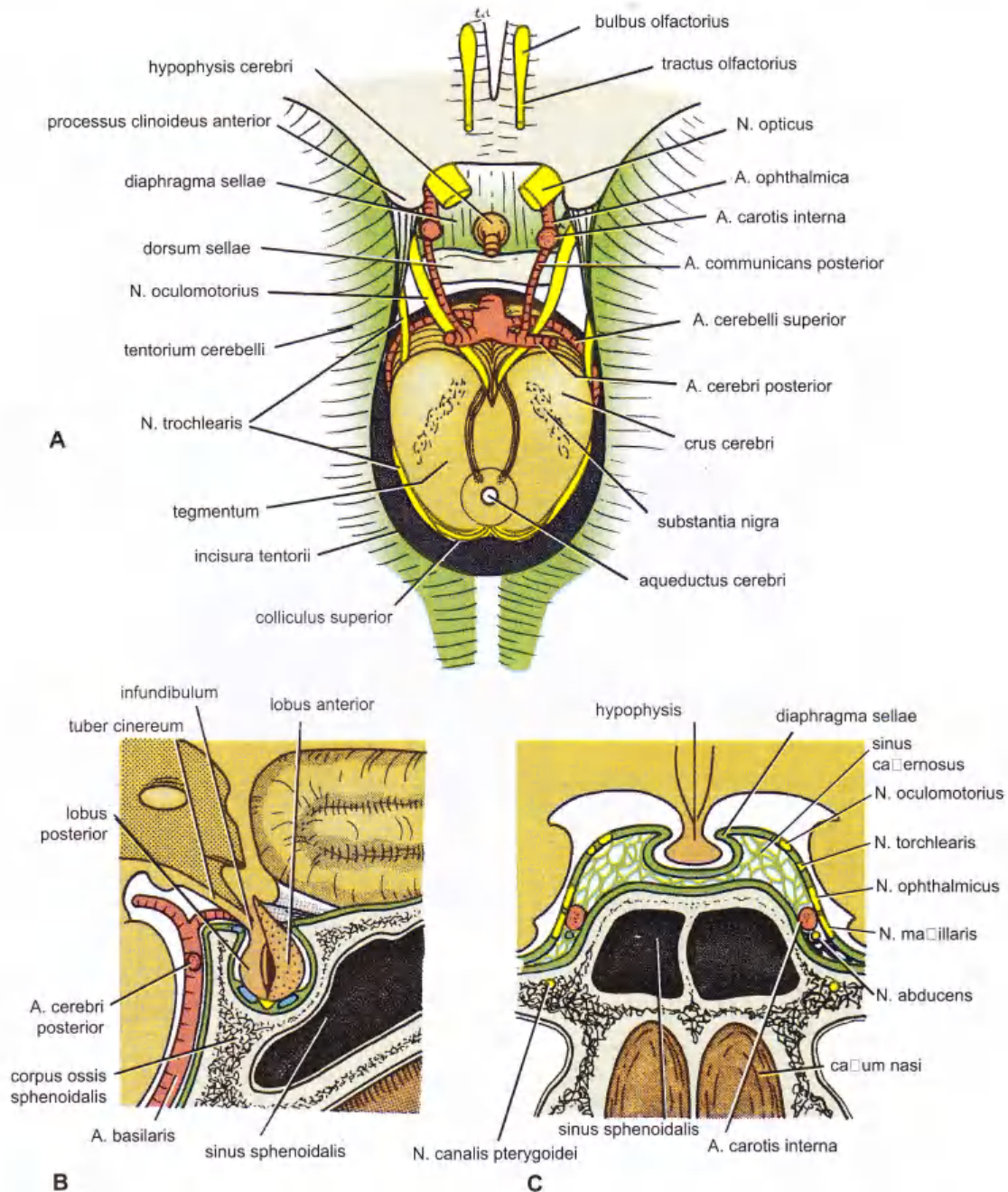
## Pendarahan Duramater

Banyak arteri yang mendarahi duramater, yaitu arteria carotis interna, arteria maxillaris, arteria pharyngea ascendens, arteria occipitalis, dan arteria vertebralis. Dari sudut klinis, yang terpenting adalah arteria meningea media, yang sering rusak pada cedera kepala.

**Arteria meningea media** berasal dari arteria maxillaris di dalam fossa infratemporalis. Pembuluh ini masuk ke rongga otak dan berjalan ke depan dan lateral di dalam alur pada permukaan atas pars squamosa ossis temporalis (lihat Gambar 18-3). Untuk

**Gambar 14 -14** Pandangan lateral tengkorak, memperlihatkan falx cerebri, tentorium cerebelli, batang otak, dan ganglion trigeminale.

masuk cavum crania, arteri ini berjalan melalui foramen spinosum dan **terletak di antara lapisan meningeal dan endosteal duramater**. Ramus anterior (frontalis) membuat alur dalam atau terowongan pada angulus anteroinferior ossis parietalis, dan perjalanannya kira-kira sesuai dengan garis gyrus precentralis otak yang ada di bawahnya. Ramus posterior (parietalis) melengkung ke belakang dan mendarahi bagian posterior duramater.

## Aliran Vena Duramater

**Vena-vena meningea** terletak di dalam lapisan endosteal duramater. Vena meningea media mengikuti cabang-cabang arteria meningea media dan bermuara ke dalam plexus venosus pterygoideus atau sinus sphenoparietalis. Vena-vena terletak lateral terhadap arterinya.

**Gambar 14-15 A**. Otak depan dibuang, meninggalkan mesencephalon, hypophysis cerebri, A.carotis interna dan A.basilaris tetap pada tempatnya. **B**. Potongan sagittal melalui sella turcica, memperlihatkan hypophysis cerebri. **C**. Potongan koronal melalui corpus ossis sphenoidalis memperlihatkan hypophysis cerebri dan sinus cavernosus. Perhatikan posisi saraf-saraf otak.

## Arachnoideamater

Arachnoideamater adalah suatu membran lembut yang tidak permeabel yang meliputi otak dan terletak di antara piamater di sebelah dalam dan duramater di sebelah luar (Gambar 14-11). Membran ini dipisahkan dari duramater oleh ruang potensial, disebut **spatium subdurale,** dan dari piamater oleh **spatium subarachnoideum**, yang terisi oleh **liquor cerebrospinalis**.

Arachnoideamater membentuk jembatan-jembatan di atas sulcus-sulcus pada permukaan otak dan dalam situasi tertentu, arachnoideamater dan piamater terpisah lebar membentuk **cisternae subarachnoideae**.

Pada daerah tertentu, arachnoideamater menonjol ke dalam sinus venosus membentuk **villi arachnoidales**. Villi arachnoidales ini paling banyak di sepanjang sinus sagittalis superior. Agregasi villi arachnoidales disebut sebagai **granulationes arachnoideales** (lihat Gambar 14-11 dan 14-18). Villi arachnoideales berfungsi sebagai tempat difusi liquor cerebro spinalis ke dalam aliran darah.

Penting untuk diingat bahwa struktur-struktur yang berjalan ke dan dari otak menuju cranium atau foraminanya harus melalui spatium subarachnoideum. Semua arteri dan vena terletak di dalam spatium ini, demikian pula saraf-saraf otak (Gambar 14-11). Arachnoideamater menyatu dengan epineurium saraf ketika saraf ini keluar dari cranium. Pada kasus N.opticus, arachnoideamater membentuk selubung untuk saraf ini yang memanjang ke dalam rongga orbita melalui canalis opticus dan bergabung dengan sclera bola mata (lihat Gambar 18-9). Jadi, spatium subarachnoideum memanjang di sekitar N.opticus sampai ke hemispherium bola mata dan ke bawah sampai di sekitar medulla spinalis. Spatium subarachnoideum meluas ke bawah sampai **vertebra sacralis kedua** (liatt Gambar 14-18).

## Piamater

Piamater adalah membran vaskular yang dengan erat membungkus otak, membungkus gyrus-gyrus dan masuk ke dalam sulcus-sulcus yang terdalam (Gambar 14-11). Membran ini membungkus saraf otak dan menyatu dengan epineuriumnya. Arteri-arteri yang masuk ke dalam substansi otak juga diliputi oleh piamater.

# Sinus Venosus

Sinus venosus diuraikan secara lengkap dalam Bab 6, halaman 178.

# Suplai Darah Otak

## Arteri Otak

Otak disuplai oleh dua arteria carotis interna dan dua arteria vertebralis. Keempat arteri ini beranastomosis pada permukaan inferior otak dan membentuk **circulus Willisi** (circulus arteriosus cerebri).

### Arteria Carotis Interna

Arteria carotis interna muncul dari sinus cavernosus pada sisi medial processus clinoideus anterior. Kemudian arteria ini membelok ke belakang menuju ke sulcus cerebri lateralis. Di sini, arteria ini bercabang menjadi arteria cerebri anterior dan arteria cerebri media (Gambar 14-16).

#### Cabang-Cabang Bagian Cerebral Arteria Carotis Interna

- **A.opthalmica** dipercabangkan sewaktu A.carotis interna keluar dari sinus cavernosus (Gambar 18-3). Arteri ini masuk orbita melalui canalis opticus, di bawah dan lateral terhadap N.opticus. A.opthalmica mendarahi mata dan struktur orbita lainnya, dan cabang-cabang terminalnya mendarahi daerah kulit kepala, sinus ethmoidalis dan frontalis, serta dorsum nasi.
- **A.communicans posterior** adalah pembuluh kecil yang berjalan ke belakang untuk bergabung dengan A.cerebri posterior (Gambar 14-16).
- **A.choroidea**, sebuah cabang kecil, berjalan ke belakang, masuk ke dalam cornu inferior ventriculus lateralis, dan berakhir di dalam plexus choroideus.
- **A.cerebri anterior** berjalan ke depan dan medial, dan masuk ke dalam fissura longitudinalis cerebri (Gambar 14-16). Pembuluh ini bergabung dengan arteri yang sama dari sisi yang lain melalui **A.communicans anterior**. Arteria ini membelok ke belakang di atas corpus callosum, dan **cabang-cabang corticalnya** mendarahi permukaan medial cortex cerebri sampai ke sulcus parieto-occipitalis (Gambar 14-17). Pembuluh ini juga mendarahi sebagian cortex selebar 1 inci (2,5 cm) pada permukaan lateral yang berdekatan. Dengan demikian A.cerebri anterior mendarahi area tungkai di gyrus precentralis. **Cabang-cabang central** menembus substansi otak dan mendarahi massa substantia grisea di bagian dalam hemispherium cerebri.
- **A.cerebri media**, cabang terbesar dari A.carotis interna, berjalan ke lateral di dalam sulcus lateralis cerebri (Gambar 14-16). **Cabang-cabang cortical** mendarahi seluruh permukaan lateral hemisphere, kecuali daerah sempit yang disuplai oleh A.cerebri anterior, polus occipitalis dan permukaan infero-lateral hemisphere yang disuplai oleh A.cerebri posterior. Dengan demikian arteri ini mensuplai seluruh area motoris kecuali area tungkai pada hemispherium cerebri. **Cabang-cabang central** masuk ke substantia perforata anterior dan mensuplai massa substantia grisea di bagian dalam hemispherium cerebri.

### Arteria Vertebralis

Arteria vertebralis, cabang dari bagian pertama A.subclavia (Gambar 13-10), berjalan ke atas melalui foramina pada processus tranversus vertebrae cervicalis I sampai VI. Pembuluh ini masuk tengkorak melalui foramen magnum dan berjalan ke atas, depan dan medial medulla oblongata (Gambar 14-16). Pada pinggir bawah pons, arteri ini bergabung dengan arteri dari sisi lainnya membentuk **arteria basilaris.**

## Cabang-Cabang Cranial

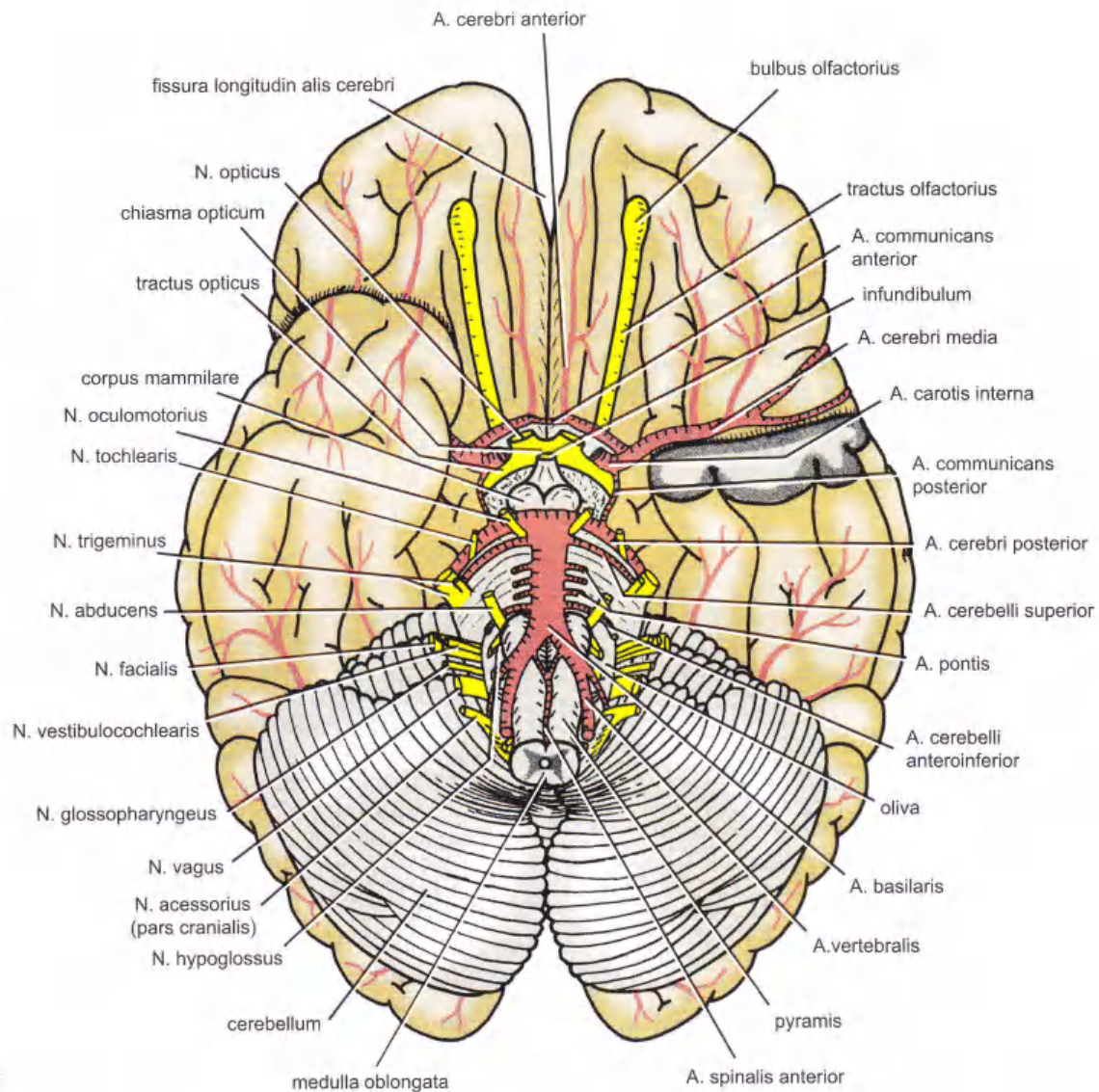
- Aa.meningeae.
- A.spinalis anterior dan posterior.
- A.cerebelli posteroinferior.
- Aa.medullares.

## Arteri Basilaris

Arteria basilaris, dibentuk oleh gabungan kedua arteria vertebralis, berjalan naik di dalam alur pada permukaan anterior pons (Gambar 14-16). Pada pinggir atas pons bercabang dua menjadi A.cerebri posterior.

## Cabang-Cabang

- Cabang-cabang untuk pons, cerebellum, dan telinga dalam.
- A.cerebri posterior.

**Arteria cerebri posterior** pada masing-masing sisi melengkung ke lateral dan belakang di sekeliling mesencephalon (Gambar 14-16). **Cabang-cabang cortical** mendarahi permukaan inferolateral lobus temporalis dan permukaan lateral dan medial lobus occipitalis (Gambar 14-17). Jadi arteria ini mendarahi cortex visual. **Cabang-cabang central** menembus substansi otak dan mendarahi massa substantia grisea di dalam hemispherium cerebri dan mesencephalon.

**Gambar 14-16** Arteri dan saraf otak dilihat pada permukaan inferior otak. Untuk memperlihatkan jalannya A.cerebri media, polus anterior lobus temporalis dibuang.

### Circulus Willisi

**Circulus Willisi** terletak di dalam fossa interpeduncularis basis cranii. Circulus ini dibentuk oleh anastomosis antara kedua A.carotis interna dan kedua A.vertebralis (Gambar 14-16). A. communicans anterior, A.cerebri anterior, A.carotis interna, A.communicans posterior, A.cerebri posterior, dan A.basilaris ikut membentuk circulus ini. Circulus Willisi memungkinkan darah yang masuk melalui A.carotis interna atau A.vertebralis untuk didistribusikan ke setiap bagian dari kedua hemispherium cerebri. Cabang-cabang cortical dan central dari circulus ini mendarahi substansi otak.

## Vena Otak

Vena-vena otak tidak mempunyai jaringan otot di dalam dindingnya yang sangat tipis dan tidak mempunyai katup. Vena-vena ini muncul dari otak dan bermuara ke dalam sinus venosus cranialis (Gambar 14-12). Terdapat vena-vena cerebri, cerebelli, dan batang otak. **Vena cerebri magna** dibentuk oleh gabungan kedua **v.cerebri interna** dan bermuara ke dalam sinus rectus (Gambar 14-12).

# Sistem Ventrikel Otak

Sistem ventrikel otak (ventriculus cerebri) terdiri atas dua ventriculus lateralis, ventriculus tertius, dan ventriculus quartus. Kedua **ventriculus lateralis** berhubungan dengan **ventriculus tertius** melalui **foramina interventricularis** (Gambar 14-10). Ventriculus tertius berhubungan dengan ventriculus quartus melalui **aqueductus cerebri**. Selanjutnya, ventriculus quartus dilanjutkan oleh **canalis centralis** di medulla spinalis, dan melalui tiga foramina di atap ventriculus quartus dengan spatium subarachnoideum (Gambar 14-10).

Ventriculus berisi **liquor cerebrospinalis.** Ukuran dan bentuk ventriculus cerebri dapat divisualisasikan di klinik dengan menggunakan CT scan dan MRI (Gambar 14-7, 14-8, dan 14-9).

## CATATAN FISIOLOGI

### Liquor Cerebrospinalis

Liquor cerebrospinalis merupakan cairan yang bening dan tidak berwarna. Di dalamnya larut garam-garam inorganik yang sama dengan yang terdapat di dalam plasma darah. Kandungan glucosa sekitar setengah dari jumlah yang terdapat di dalam darah, dan hanya terdapat sedikit protein. Pada posisi berbaring ke lateral, tekanan liquor cerebrospinalis yang diukur pada lumbal pungsi sekitar 60 sampai 150 mm air. Tekanan ini dapat dengan mudah meningkat dengan tekanan batuk atau menekan vena jugularis interna di daerah leher.

### Fungsi Liquor Cerebrospinalis

Liquor cerebrospinalis, yang membasahi permukaan eksterna dan interna cerebrum dan medulla spinalis, berfungsi sebagai bantalan antara sistem saraf pusat dan tulang-tulang yang terdapat di sekelilingnya. Dengan demikian melindungi cerebrum dan medulla spinalis terhadap trauma mekanik. Hubungan yang erat antara cairan ini dengan jaringan saraf dan darah memungkinkan cairan ini berfungsi sebagai kolam dan membantu mengatur isi tengkorak. Jika volume otak atau darah meningkat, volume liquor cerebrospinalis menurun. Karena liquor cerebrospinalis merupakan substrat fisiologik yang ideal, cairan ini berperan aktif dalam pemberian makanan untuk jaringan saraf. Cairan ini juga membantu dalam mengeluarkan produk metabolisme neuron. Ada kemungkinan sekresi glandula pineal mempengaruhi aktivitas glandula hypophysis oleh sirkulasi melalui liquor cerebrospinalis di dalam ventriculus tertius.

### Pembentukan Liquor Cerebrospinalis

Liquor cerebrospinalis dihasilkan terutama oleh **plexus choroideus** di ventriculus lateralis, tertius, dan quartus. Sebagian mungkin berasal sebagai cairan jaringan yang dibentuk di dalam substansi otak. Epitel kuboideum yang melapisi permukaan plexus choroideus secara aktif mensekresikan liquor cerebrospinalis.

### Sirkulasi Liquor Cerebrospinalis

Sirkulasi dimulai dengan sekresinya dari plexus choroideus di dalam ventriculus dan produksinya dari permukaan cerebrum. Kemudian cairan ini mengalir dari ventriculus lateralis ke dalam ventriculus tertius melalui foramina interventriculare (Gambar 14-18). Kemudian cairan ini sampai ke ventriculus quartus melalui aqueductus cerebri. Sirkulasi dibantu oleh pulsasi arteria plexus choroideus.

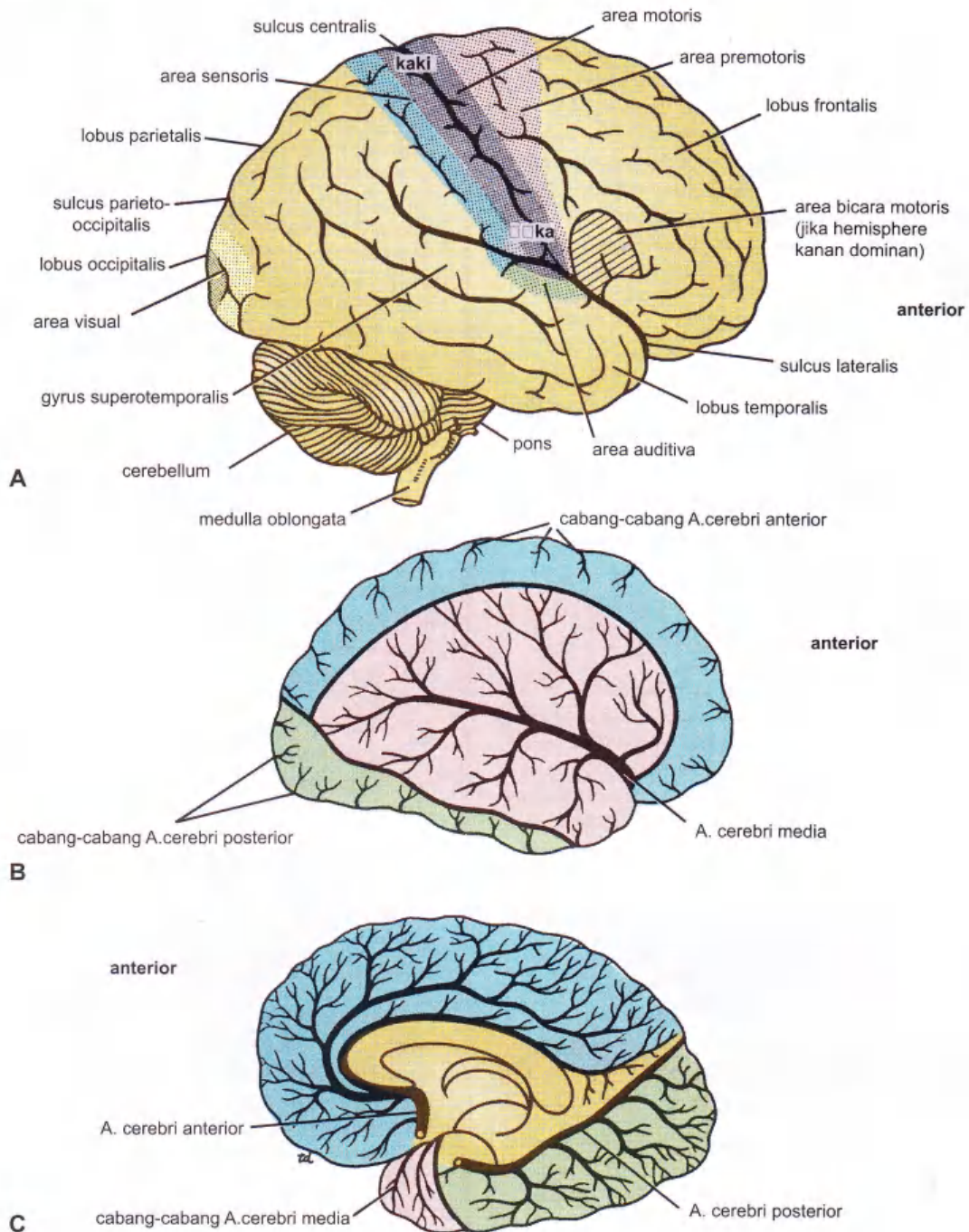
Dari ventriculus quartus, cairan berjalan melalui apertura mediana dan foramina laterale di atap ventriculus quartus dan masuk ke spatium subarachnoideum. Cairan mengalir ke superior melalui incisura tentorium cerebella untuk sampai ke permukaan inferior cerebrum (Gambar 14-18). Kemudian cairan berjalan ke superior di atas aspek lateral setiap hemispherium cerebri. Sebagian liquor cerebrospinalis mengalir ke inferior di dalam spatium subarachnoidum di sekeliling medulla spinalis dan cauda equina. Pulsasi arteria cerebri dan spinalis serta gerakan-gerakan columna vertebra membantu aliran dari cairan ini.

### Absorpsi Liquor Cerebrospinalis

Tempat utama untuk absorpsi liquor cerebrospinalis adalah **villi arachnoidales** yang menonjol ke dalam sinus venosus duramater, terutama sinus sagittalis superior (Gambar 14-18). Villi arachnoidales cenderung berkelompok membentuk granulationes arachnoidales. **Granulationes arachnoidales** bertambah dalam jumlah dan ukuran dengan bertambahnya usia dan cenderung mengalami kalsifikasi pada usia lanjut.

Absorpsi liquor cerebrospinalis ke dalam sinus venosus terjadi jika tekanan di dalam cairan lebih besar dari darah di dalam sinus. Sebagian liquor cerebrospinalis diabsorpsi secara langsung ke dalam vena di dalam spatium subarachnoideum, dan sebagian lagi mungkin diangkut melalui pembuluh limfe perineural nervi craniales dan spinales.

### Pergantian Liquor Cerebrospinalis

Liquor cerebrospinalis diproduksi terus-menerus dengan kecepatan sekitar 0.5 mL/menit dengan jumlah volume sekitar 130 mL. Waktu pergantian cairan ini sekitar 5 jam.

**Gambar 14-17 A**. Sisi kanan otak, memperlihatkan beberapa daerah penting bagi fungsi cerebrum. Perhatikan bahwa area bicara motoris lebih sering berlokasi pada hemispherium cerebri kiri daripada hemispherium cerebri kanan. **B.** Permukaan lateral hemispherium cerebri memperlihatkan daerah yang didarahi oleh arteri-arteri cerebri. Pada diagram ini dan yang berikutnya, daerah berwarna *biru* disuplai oleh A.cerebri anterior; yang berwarna *merah* oleh A.cerebri media; dan yang berwarna *hijau* oleh A.cerebri posterior. **C.** Permukaan medial hemispherium cerebri memperlihatkan area yang disuplai oleh arteri-arteri otak.

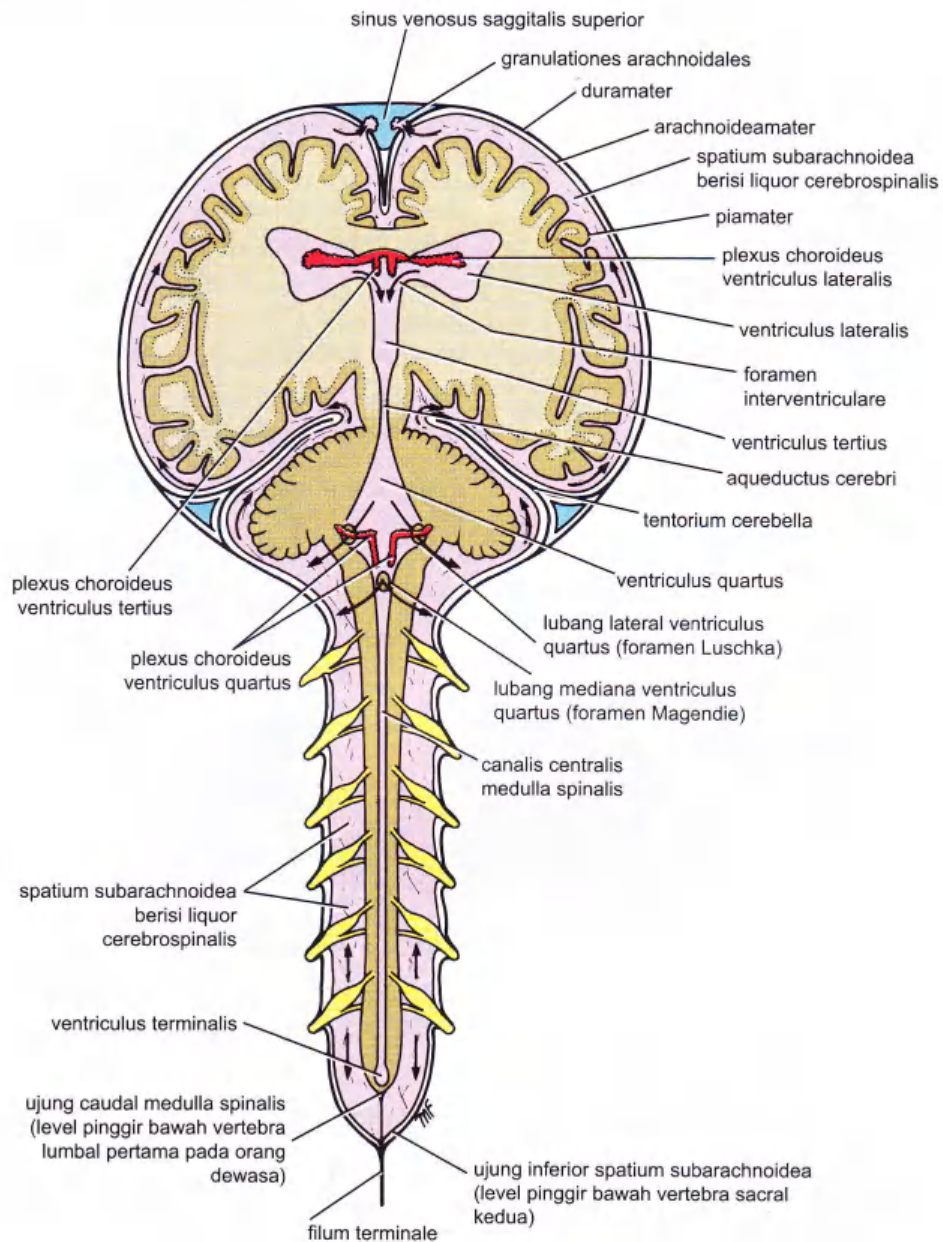
# ANATOMI PERMUKAAN TENGKORAK DAN OTAK

Petunjuk penting permukaan tengkorak adalah sebagai berikut.

## Nasion

Nasion adalah cekungan di garis tengah pada pangkal hidung (Gambar 14-19).

## Protuberantia Occipitalis Externa

Protuberantia occipitalis externa adalah penonjolan tulang di tengah pars squamosa ossis occipitalis (Gambar 14-19). Protuberantia ini terletak di garis tengah pada pertemuan kepala dan leher dan memberikan tempat perlekatan untuk ligamentum nuchae.



**Gambar 14-18** Asal dan sirkulasi liquor cerebrospinalis.

## Falx Cerebri, Sinus Sagittalis Superior, dan Fissura Cerebri Longitudinalis di antara Hemispherium Cerebri

Letak dari struktur-struktur ini dapat ditunjukkan dengan menarik garis dari vertex cerebri pada bidang sagittalis yang menghubungkan nasion dengan protuberantia occipitalis externa.

## Eminentia Parietalis

Eminentia ini adalah area meninggi pada permukaan lateral os parietale dan dapat diraba sekitar 2 inci (5 cm) di atas auricula. Peninggian ini terletak dekat ujung bawah **sulcus cerebri centralis** otak (Gambar 14-19).

## Pterion

Pterion merupakan titik di mana ala major ossis sphenoidalis bertemu dengan angulus anteroinferior os parietale. Terletak 1,5 inci (4 cm) di atas titik tengah arcus zygomaticus (Gambar 14-19). Pterion tidak ditandai oleh adanya tonjolan atau cekungan, tetapi penting karena **ramus anterior arteria dan vena meningea media terletak di bawahnya**.

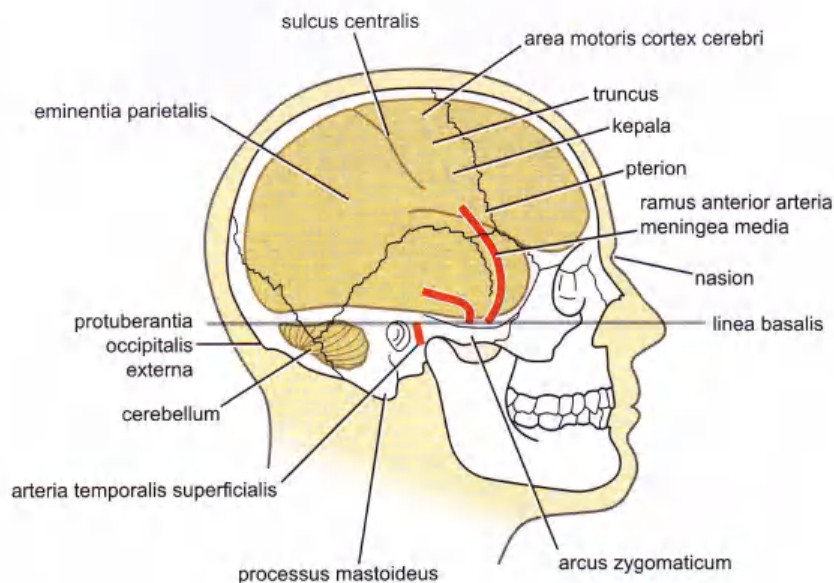
## Processus Mastoideus Ossis Temporalis

Processus mastoideus menonjol ke bawah dan depan dari belakang telinga (Gambar 14-19). Processus ini belum berkembang pada neonatus dan berkembang hanya sebagai akibat dari tarikan musculus sternocleidomastoideus, jika anak menggerakkan kepalanya. Processus ini dapat dikenali sebagai penonjolan tulang pada saat umur 2 tahun.

## Arcus Zygomaticus

Arcus zygomaticus meluas ke depan telinga dan berakhir di depan pada os zygomaticum (Gambar 14-19). Di atas arcus zygomaticus terdapat **fossa temporalis**, yang diisi oleh **m. temporalis**. M.masseter melekat pada pinggir bawahnya. Kontraksi kedua m.temporalis dan masseter (pemeriksaan untuk keutuhan pars motorik divisi mandibularis nervus trigeminus) dapat diraba dengan mengatupkan gigi-geligi.

## Linea Basalis Anatomi Tengkorak

Linea basalis ini meluas dari pinggir bawah orbita ke belakang melalui pinggir atas meatus acusticus externus. Seluruh **cerebrum** terletak di atas garis ini, dan **cerebellum** terletak di dalam fossa cranii posterior di bawah sepertiga posterior garis (Gambar 14-19).

**Gambar 14-19** Petunjuk pada permukaan sisi kanan kepala. Diperlihatkan hubungan arteria meningea media dan cerebrum pada permukaan tengkorak.

# Pertanyaan

## Pertanyaan Melengkapi

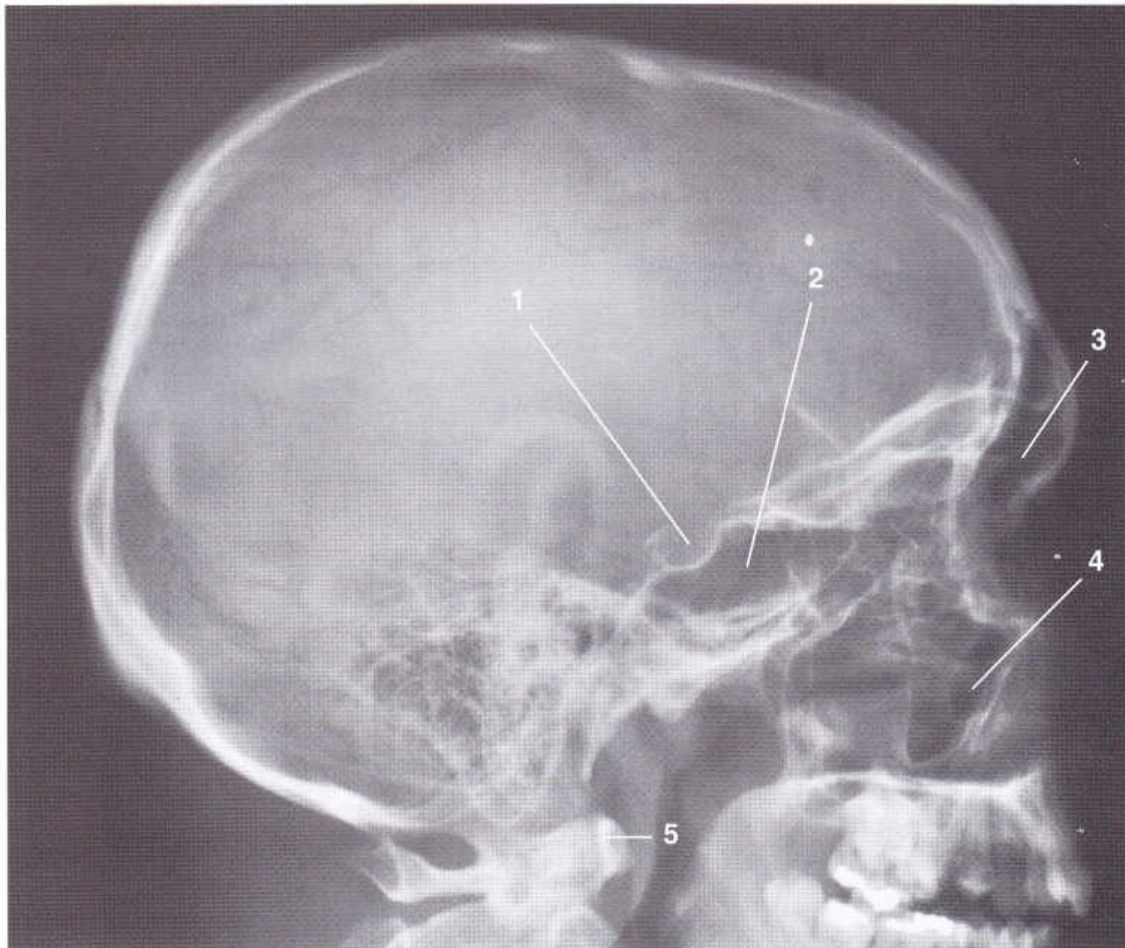
**Berdasarkan radiograf lateral tengkorak, pilihlah jawaban yang paling TEPAT untuk melengkapi setiap pernyataan.**

1. Struktur 1 adalah:
   A. sinus maxillaris
   B. sinus frontalis
   C. arcus anterior atlantis
   D. sella turcica
   E. articulatio temporomandibularis

2. Struktur 2 adalah:
   A. cavum orbita
   B. sinus maxillaris
   C. sinus sphenoidalis
   D. cavum tympani
   E. sinus frontalis

3. Struktur 3 adalah:
   A. cavum orbita
   B. cavum nasi
   C. sinus frontalis
   D. sinus maxillaris
   E. sinus sphenoidalis

4. Struktur 4 adalah:
   A. cavum oris
   B. sinus frontalis
   C. cavum nasi
   D. sinus sphenoidalis
   E. sinus maxillaris

5. Struktur kelima adalah:
   A. arcus posterior atlantis
   B. corpus axis
   C. arcus anterior atlantis
   D. processus odontoideus axis
   E. ligamentum longitudinale anterius

**Berdasarkan CT scan axial (horizontal) tengkorak, pilihlah jawaban yang paling TEPAT untuk melengkapi setiap pernyataan.**

6. Struktur 1 adalah
   A. crista galli
   B. septum nasi
   C. sinus sagittalis superior
   D. falx cerebri
   E. os frontale

7. Struktur 2 adalah
   A. arteria carotis interna
   B. arteria cerebri media
   C. foramen rotundum
   D. canalis opticus
   E. sinus sphenoidalis

8. Struktur 3 adalah
   A. ala major ossis sphenoidalis
   B. pars petrosa os temporale
   C. processus mastoideus
   D. malleus
   E. caput mandibulae

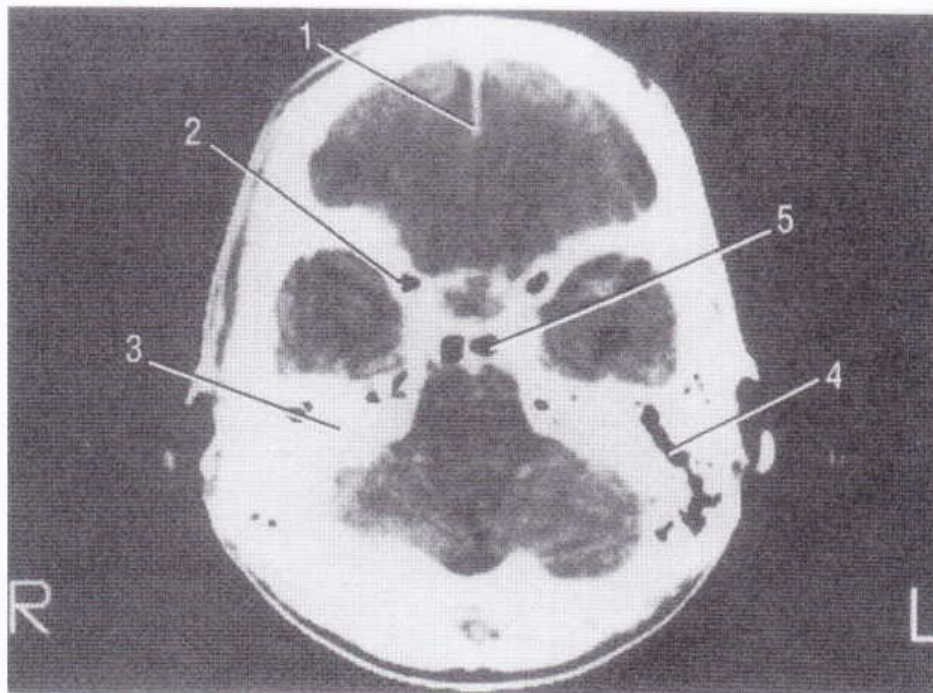
9. Struktur 4 adalah
   A. antrum mastoideum
   B. arteria carotis interna
   C. cavum tympani
   D. tuba pharyngotympanica
   E. meatus acusticus externus

10. Struktur 5 adalah
    A. sella turcica
    B. sinus sphenoidalis
    C. ventriculus tertius cerebri
    D. glandula pinealis
    E. foramen spinosum

**Berdasarkan MRI axial (horizontal) tengkorak, pilihlah jawaban yang paling TEPAT untuk melengkapi setiap pernyataan.**

11. Struktur 1 adalah
    A. substantia alba lobus occipitalis
    B. falx cerebri
    C. septum pellucidum
    D. genu corpus callosum
    E. chiasma opticum

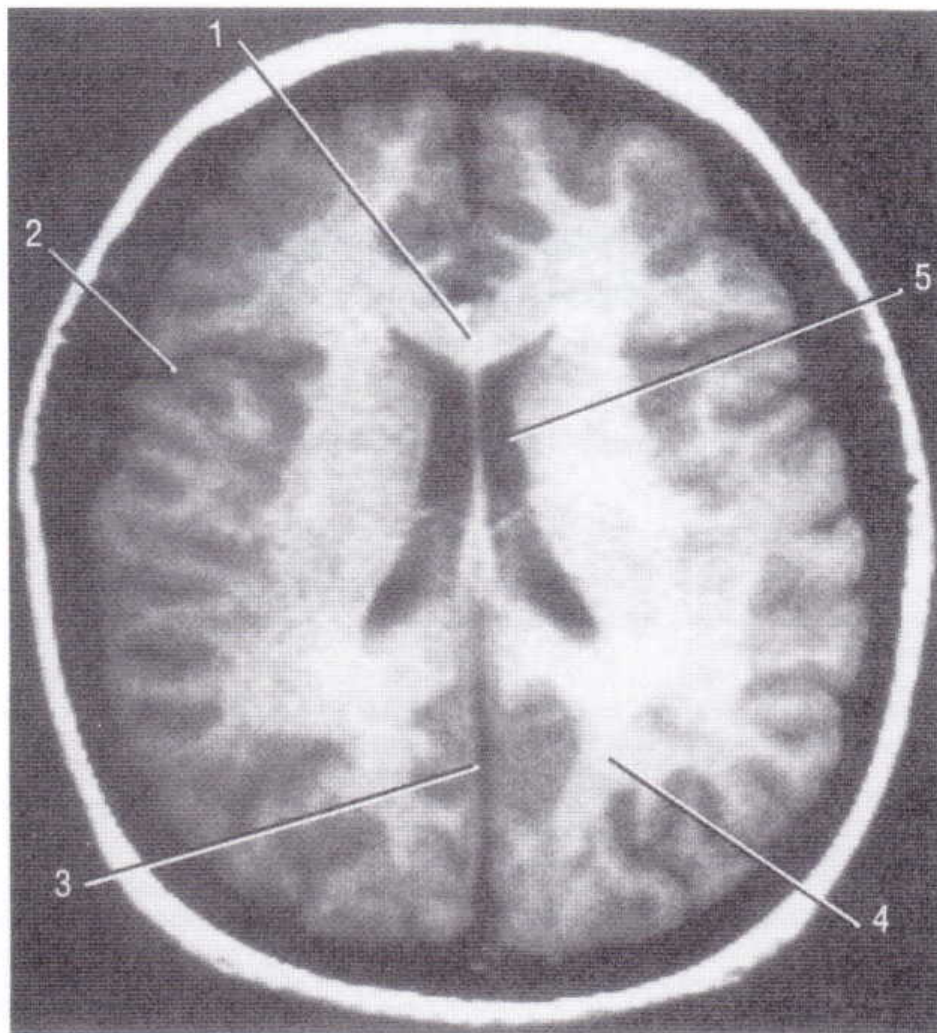
12. Struktur 2 adalah
    A. pinggir posterior ala minor ossis sphenoidalis
    B. sulcus lateralis hemispherium cerebri
    C. arteria cerebri media
    D. arteria meningea media
    E. ujung anterior inferior os parietale

13. Struktur 3 adalah
    A. falx cerebri
    B. septum pellucidum cerebri
    C. arteria basilaris
    D. foramen magnum
    E. ventriculus quartus cerebri

14. Struktur 4 adalah
    A. substantia grisea cerebri
    B. substantia alba lobus occipitalis cerebri
    C. genu corpus callosum cerebri
    D. tentorium cerebelli
    E. cerebellum

15. Struktur 5 adalah
    A. ventriculus tertius cerebri
    B. ventriculus quartus cerebri
    C. corpus ventriculus lateralis cerebri
    D. cornu inferior ventriculus lateralis cerebri
    E. thalamus

## Pertanyaan Pilihan Ganda

**Pilihlah satu jawaban yang paling TEPAT untuk setiap pertanyaan.**

16. Pernyataan berikut ini benar untuk sistem saraf pusat, **kecuali:**
    A. CT scan otak dapat membedakan antara substantia alba dan substantia grisea.
    B. ventriculus lateralis cerebri berhubungan langsung dengan ventriculus quartus
    C. MRI otak menggunakan sifat magnetik dari nucleus hidrogen yang dirangsang oleh radiasi radiofrekuensi yang ditransmisikan oleh lengkung-lengkung kawat di sekeliling kepala pasien.
    D. Arteria besar di basis cerebri jarang robek akibat trauma dan gerakan mendadak otak di dalam kepala.
    E. Gerakan otak pada saat cedera kepala dapat merusak nervus cranialis keempat yang kecil.

17. Pernyataan berikut ini benar untuk liquor cerebrospinalis, **kecuali:**
    A. Liquor cerebrospinalis di dalam canalis centralis medulla spinalis tidak dapat masuk ke dalam ventriculus quartus.
    B. Dengan pasien dalam posisi berbaring, tekanan normal sekitar 60 sampai 150 mm air.
    C. Liquor cerebrospinalis melindungi cerebrum dan medulla spinalis dari cedera trauma.
    D. Tekanan pada vena jugularis interna di leher menaikkan tekanan liquor cerebrospinalis.
    E. Spatium subarachnoideum diisi oleh cairan cerebrospinalis.

18. Pernyataan berikut ini benar untuk suplai darah ke duramater di dalam tengkorak, **kecuali:**
    A. Arteria termasuk cabang-cabang dari arteri carotis interna, arteria maxillaris , dan arteria vertebralis.
    B. Arteria meningea media berasal dari arteria maxillaris.
    C. Arteria meningea media masuk tengkorak melalui foramen spinosum.
    D. Arteria meningea media berjalan di antara tulang dan lapisan endosteal duramater.
    E. Ramus anterior arteria meningea media membentuk alur di angulus anterior inferior os parietale, dan di tempat ini arteria ini mudah cedera.

19. Pernyataan berikut ini benar untuk arteria yang mendarahi otak, **kecuali:**
    A. Arteria utama yang mendarahi otak terletak di dalam substantia subarachnoidea.
    B. Arteria basilaris dibentuk oleh gabungan kedua arteria vertebralis.
    C. Arteria cerebri beranastomosis pada permukaan otak.
    D. Substantia grisea yang terletak di dalam otak mendapatkan makanannya melalui difusi cairan jaringan dari pembuluh darah yang terletak pada permukaan otak.
    E. Serabut saraf simpatik mempunyai kendali sedikit pada diameter arteria cerebri.

20. Pernyataan berikut ini benar untuk circulus Willisi, **kecuali:**
    A. Terletak di dalam fossa interpeduncularis pada basis cerebri.
    B. Terletak di dalam spatium subarachnoideum.
    C. Memungkinkan aliran darah arteri mengalir ke depan atau ke belakang, jika arteria carotis interna atau arteria vertebralis tersumbat.
    D. Memungkinkan aliran darah arteri mengalir menyilang garis tengah ke sisi berlawanan otak.
    E. Berhubungan dengan cabang-cabang arteria carotis externa.

# Jawaban dan Penjelasan

1. **D** yang benar. 1 adalah sella turcica yang terletak pada permukaan superior corpus ossis sphenoidalis.

2. **C** yang benar. 2 adalah sinus sphenoidalis, yang terletak di dalam corpus ossis sphenoidalis.

3. **C** yang benar. 3 adalah sinus frontalis yang terletak di dalam os frontale.

4. **E** yang benar. 4 adalah sinus maxillaris yang terletak di dalam corpus ossis maxillaris.

5. **C** yang benar. 5 adalah arcus anterior atlantis, yang terletak anterior terhadap processus odontoideus axis di dalam radiograf.

6. **D** yang benar. 1 adalah falx cerebri (dibentuk oleh duramater), yang dilekatkan di anterior ke permukaan interna os frontale.

7. **D** yang benar. 2 adalah interior dari canalis opticus sinister.

8. **B** yang benar. 3 adalah pars petrosus os temporale sinister.

9. **C** yang benar. 4 adalah cavum tympanicum dextrum dari telinga tengah.

10. **B** yang benar. 5 adalah cavum dari sinus sphenoidalis dexter.

11. **D** yang benar. 1 adalah genu corpus callosum, sebuah commissura major yang menghubungkan kedua hemispherium cerebri.

12. **B** yang benar. 2 adalah sulcus lateralis cortex cerebri sinister.

13. **A** yang benar. 3 adalah pars posterior falx cerebri yang terletak di dalam fissura longitudinalis di antara hemispherium cerebri.

14. **B** yang benar. 4 adalah substantia alba lobus occipitalis dari hemispherium cerebri dextrum.

15. **C** yang benar. 5 adalah corpus ventriculus lateralis dari hemispherium cerebri dextrum.

16. **B** yang tidak benar. Ventriculus lateralis cerebri pertama kali berhubungan dengan ventriculus tertius melalui foramen interventriculare, yang selanjutnya berhubungan dengan ventriculus quartus di otak belakang melalui aqueductus cerebri di mesencephalon (Gambar 14-10 dan 14-18).

17. **A** yang tidak benar. Liquor cerebrospinalis di dalam canalis centralis medulla spinalis dapat mengalir dengan bebas ke dalam ventriculus quartus.

18. **D** yang tidak benar. Arteria meningea media berjalan di antara lapisan periosteal dan lapisan meningeal duramater segera setelah arteria ini masuk cranium melalui foramen spinosum.

19. **D** yang tidak benar. Massa substantia grisea yang terletak di dalam substantia hemispherium cerebri (contoh, thalamus, nucleus lentiformis, dan nucleus caudatus) menerima nutrisi dari rami centrales arteria cerebri.

20. **E** yang tidak benar. Cabang-cabang arteria carotis externa tidak berhubungan dengan circulus Willisi.